コンピュータ・グラフィックスとCAD/CAM/CAE雑誌ピクセル

昭和63年11月1日発行/毎月1日発行/通巻74号/昭和59年5月2日第3種郵便物認可　ISSN 0287-511X

PIXEL

'88 11

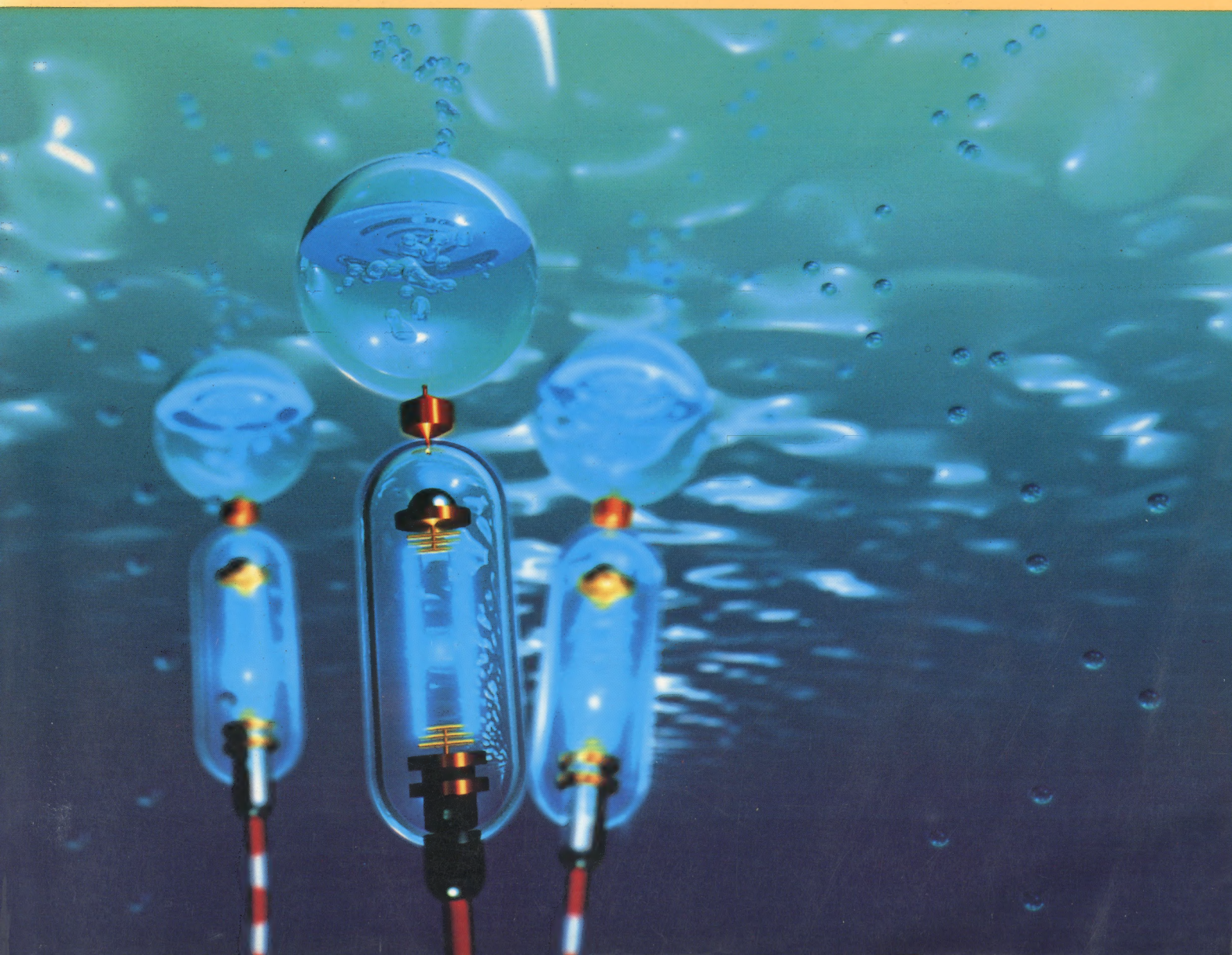
No.74

特集 SIGGRAPH'88とCGの最新動向
レンダリングとアニメーションの実用化

特集 図面読取りシステムとその機能

★最新のインテリジェントCADの製品動向

★大手ゲームメーカーのナムコがCG映像ビジネスに参入

★CGのための図学

SONY
Tektronix
●グラフィック世界のリーダー

ソニー・テクトロニクス

ソニー・テクトロニクス株式会社
情報機器部／東京都品川区大崎1-6-4 新大崎勧業ビル 〒141
TEL03・779-7611
仙台営業所／TEL022・267-2181　土浦営業所／TEL0298・24-2602
名古屋営業所／TEL052・581-3547　大阪営業所／TEL06・947-0321
広島地区／TEL082・247-0661　福岡営業所／TEL092・472-2626

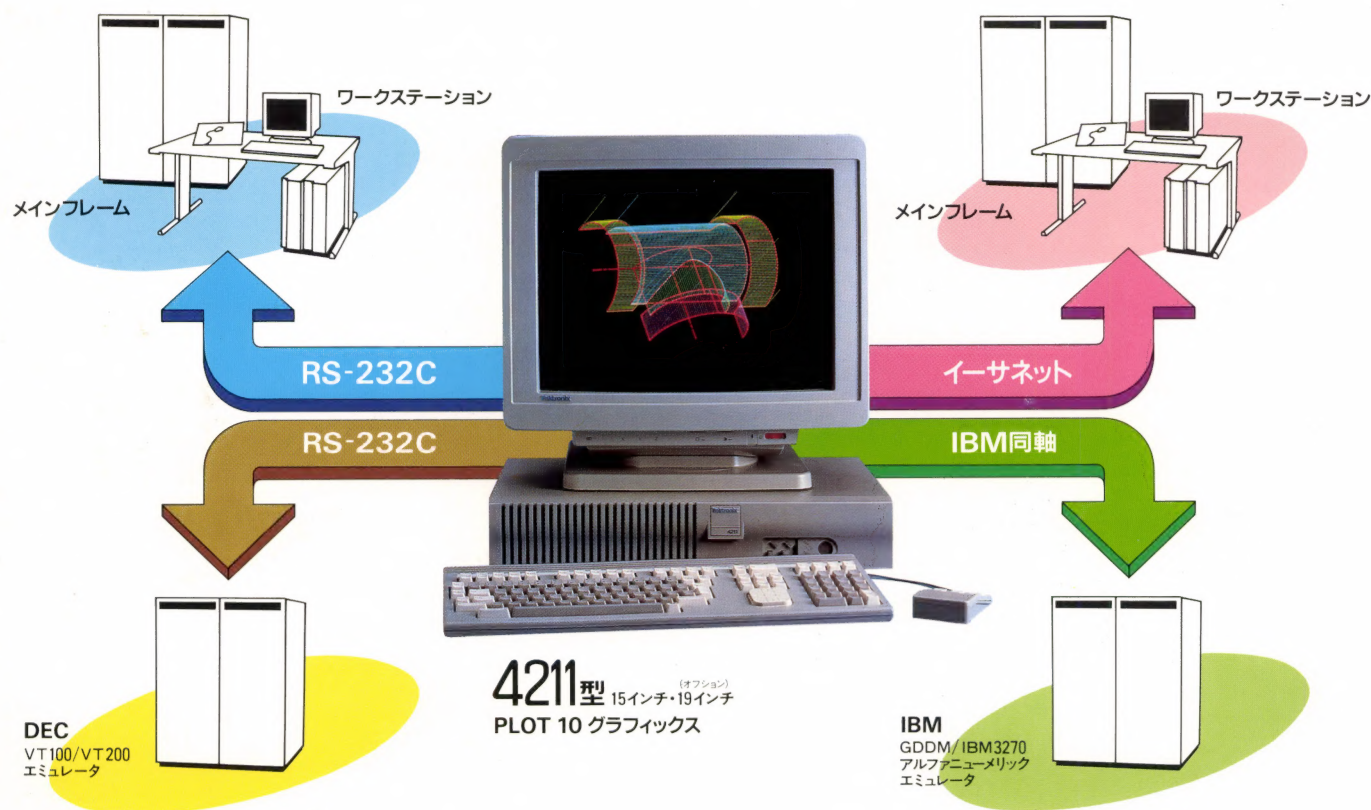
ネットワーク
カラー・グラフィック・ターミナル

●1,024×768高解像度コンパクト・デスクトップ型●40,000ベクタ/秒高速描画(当社比5倍)●セグメント・メモリ4MB(最大)●15インチ(標準)、19インチ(オプション)●低価格￥1,240,000

ワークステーション
メインフレーム
RS-232C
イーサネット
ワークステーション
メインフレーム
RS-232C
IBM同軸

4211型 15インチ・19インチ(オプション)
PLOT 10 グラフィックス

DEC
VT100/VT200
エミュレータ

IBM
GDDM/IBM3270
アルファニューメリック
エミュレータ

優れたコスト・パフォーマンスを実現
4211型は新アーキテクチャ、デュアル・プロセッサ・システムの採用で高度なグラフィック処理を実現したカラー・グラフィック・ターミナルです。グラフィック・エンジン部にTI34010マイクロプロセッサと3種の独自開発のカスタムLSI、データ・マネジメント部にインテル80386SXマイクロプロセッサを採用。当社性能比5倍の高速描画、高機能等、優れたコスト・パフォーマンスを実現しました。

LANに直接接続可(オプション)
イーサネット(TCP/IPプロトコル)上のホスト・コンピュータやワークステーションに直接接続でき、ネットワーク・グラフィック・ターミナルとして使用できます。

IBM社ネットワークに接続可(オプション)
IBM社クラスタ・コントローラに同軸ケーブルで直接接続でき、IBMタイプ・キーボードでIBM3270、GDDMアプリケーションをエミュレートします。

最大32ビットのアドレス空間
約40億×40億ポイントのアドレス空間にグラフィック定義ができるため、高密度なグラフィック表示ができます。

最大256色同時表示
標準で4,096色のカラー・パレットから16色、オプションで1,670万色のカラー・パレットから256色同時表示できます。

PLOT 10コンパチブル
世界で10万本以上の実績を誇るアプリケーション・ソフトウェアとコンパチブルです。

新製品
ネットワーク
カラー・グラフィック・ターミナル
4211型

(資料請求番号　表2)

データ提供：東洋エンジニアリング㈱

データ提供：関東測量㈱

4機種そろって、さまざまな出力ニーズに対応、バーサテックのカラープロッター。

豊富なカラー、高画質、高速出力のバーサテック・カラープロッター。いま4機種そろって、カバーする範囲は、A3サイズからB0サイズまで、ビジネスグラフから、電気、建築、LSI関連の出力までいちだんと大きく拡がりました。適材適所で、CADシステムの効率を強力にバックアップします。

■静電カラープロッター、バーサテックCE3400シリーズ。

1インチ400ドットの高解像で、4,160色※の豊富なカラー出力。フィルムベースにもフルカラー出力。最大出力幅24インチ(A1)、36インチ(A0)、44インチ(B0)の3機種。高速・高機能コントローラーも用意。　※標準は512色。オプション・ソフトウェアにより4,160色(エリア)。

カラー出力後の紙を自在にカットするCE3436静電カラープロッター用オートカッター/スリッターも用意しています。

■サーマルカラープロッター、バーサテックC2700。

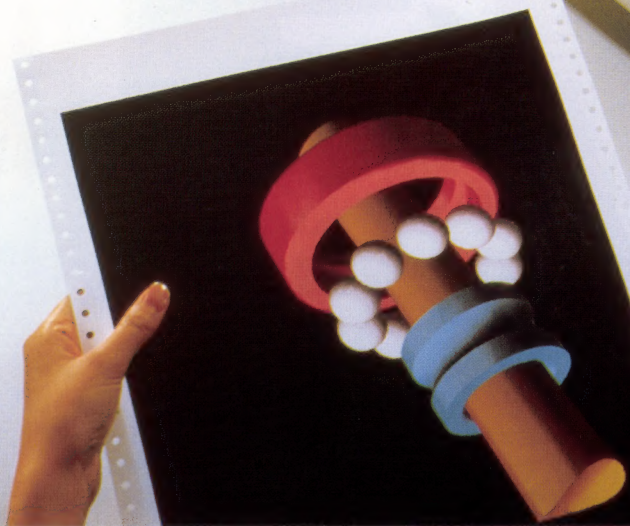
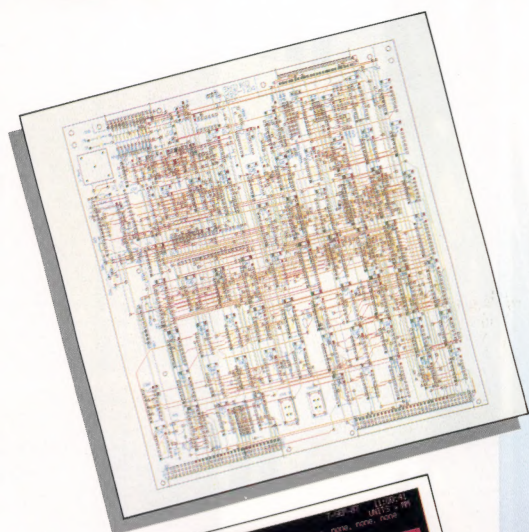
熱転写方式の卓上型カラープロッター。1インチ300ドットの高解像で、A3サイズを1枚あたり約80秒、フルカラーで出力。A3、A4サイズのカット紙使用。しかもカセット方式で、用紙交換が簡単。シンプル構造で高信頼性を実現。

★35㎜カラースライドフィルムから直接入力、最大44インチサイズまで拡大出力できる、専用のカラースライドスキャナー、ゼロックスXS-10も発売中です。

富士ゼロックス株式会社
〒107 東京都港区赤坂3-3-5　電話03(585)3211
※資料請求は本社お客様相談センターまで。

資料請求券
バーサテック
ピクセル 11

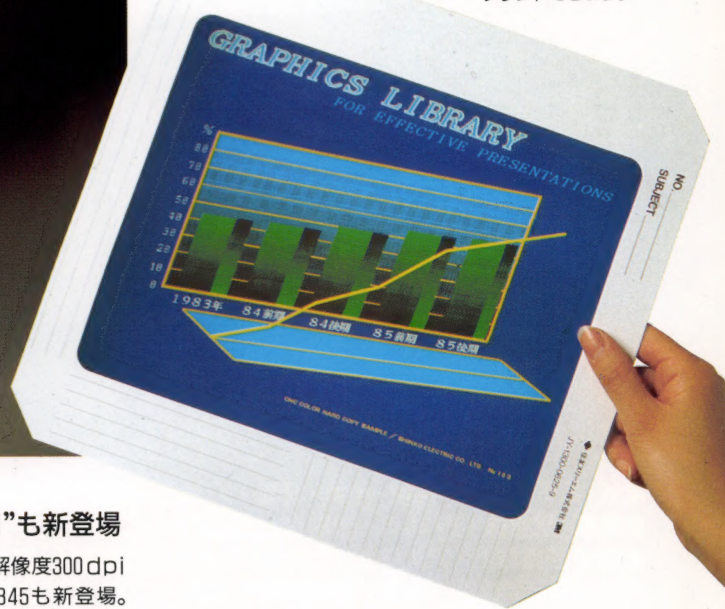
（資料請求番号　1）

CAD、CGの世界を忠実に美しく再現。

フレームバッファSPI-3と組合せた
CHC-635(A3用)とCHC-335(A4用)

(資料請求番号 2)

■鮮明さが違う高性能熱転写方式

CG、CAD/CAM、またビジネスグラフの作成などコンピュータによる画像処理技術が向上し、出力装置としてのカラーハードコピーへのニーズが、ますます高まっています。神鋼電機のカラーハードコピーCHCシリーズは、こうした高品位なプリントが求められる画像処理に適した再現性の高いカラーハードコピーです。高解像度サーマルヘッドを採用した熱転写方式により、カラー画像をそのまま忠実にプリントアウトし、微妙なグラデーションなども奇麗に表現。CG、CAD各種グラフ、計測データ、建築パース、医療データなど多様な用途に使用できます。

OHPフィルムにも鮮明に
プリントできます。

■27万色の超多色プリントも可能

さらに上位コンピュータなどのビデオ信号を短時間で取り込むとともに、各種の画像処理機能を搭載した『フレームバッファ装置SPI-3』を組み合わせれば、最高27万色の超多色表現も可能。より美しい処理が実現できます。

■より高精細な“300dpi”も新登場

高性能サーマルヘッドにより、解像度300dpi（11.8ドット／mm）のCHC-345も新登場。さらに、NEC PC-9801/98シリーズに追装することにより、手軽にカラーハードコピーがとれる便利な専用ボードも新発売されました。

神鋼 カラーハードコピー

A3用
A4用
B6用

CHC シリーズ

■お問い合せは一神鋼電機株式会社　端末機器本部へ
●本　　社／東京都中央区日本橋3-12-2 朝日ビル
〒103 ☎(03)274-1129
●大阪支社／大阪市東区北浜3-1 大阪グリーンビル
〒541 ☎(06)203-2244
●名古屋支社／名古屋市中村区名駅4-6-18 名古屋ビル
〒450 ☎(052)501-8544

（資料請求番号　3）

OHM-Ⅲ 新登場！

高密度アナログ・デジタルPCB設計用、次世代CADシステム

ユーザー仕様別に提供されるフル オーダーメイド CADシステム！
最強を誇るリアルタイム グラフィックエディタ搭載！
データ入力から、DRC、各種NCデータ出力を超高速処理！
各端末の最大スピードを常に保証する最先端ネットワーク テクノロジー！
抜群のハイ コスト パフォーマンス マシン、遂にデビュー！

電気・電子・PCB・機械・土木・建築・プラント・設備・電力・ガス・コンピュータ マッピング・自動車・航空機・アパレル・印刷など、各業界のCADIXユーザーが絶賛！

●電子回路設計・アナログ／デジタル高密度PCB設計・回路図自動認識・高速DRC・機械図面自動認識／整形・家屋図自動認識・ラスターCAD機能・大量大型図面電子ファイリング・国内／国際画像通信・ラスター／ベクター複合オペレーション・最先端CAD機能

お問合せ先　東京：03(427)0401　名古屋：052(212)1551　大阪：06(947)5521

本　　社／〒154 東京都世田谷区新町2-26-15　CADIXビル　TEL.03(427)8901(代表)　FAX.03(420)6084
東京営業本部・ショールーム／〒154 東京都世田谷区桜新町1-12-10 石田ビル6F　TEL.03(427)0401(代表)　FAX.03(427)0201
名古屋支社・ショールーム／〒460 名古屋市中区栄2-3-1 名古屋広小路ビル12F　TEL.052(212)1551(代表)　FAX.052(212)1531
大阪支社・ショールーム／〒540 大阪市東区城見2-1-61 Twin21 MIDタワー8F　TEL.06(947)5521(代表)　FAX.06(947)5535
R & D／〒154 東京都世田谷区桜新町1-12-10 石田ビル4F・5F　TEL.03(439)0821(代表)　FAX.03(439)0640

人工知能で設計の自動化を目指す——

今、CADの風を呼吸しています。

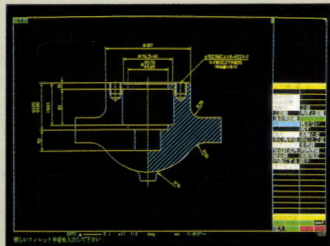
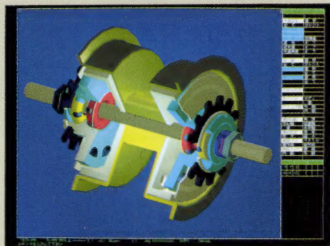
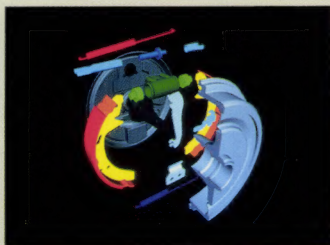
（資料請求番号　6）

走りのイメージを思いのままにデザイン。使い易さで選ばれた2次元CAD「MEシリーズ10」

心地よい汗と、体いっぱいに感じる爽快な風……。
サイクリングスポーツは、その軽快さと健康指向を魅力として今や大きなブームになっています。しかし、この自転車の世界でも、ベルトドライブや接着フレームなど技術革新は年々進み、デザイン、色なども常に新たなものへと変化しています。この競争の激しいバイシクル設計の部門で活躍しているのが、YHPの2次元CAD「MEシリーズ10」です。
ブリヂストンサイクル株式会社殿、サイクル設計部の山崎氏と内藤氏にお伺いしました。
「私どもは、自転車メーカーの中でも特に内製比率が高く、図面をおこすことが多いのです。そのため、CADの導入は早くから計画していました。」
「はじめはメインフレームベースのCADやパソコンCADを検討したのですが、メインフレームはいかにもコンピュータを操作するようで使いにくい。パソコンCADは容量が足りない。そこで本格的なEWS CADを導入することになったわけです。」
MEシリーズ10に決定されたポイントは？という質問に、「とにかく使い易さですね。線を引こうと思ったら、ポンと線が引け、円が描ける。これまで製図板で図面をおこしていたのと、同じ感覚で作業ができます。」「社内エンジニアへの講習は半日程度しか行わなかったのですが、それでもどんどん使っていってくれる。使いはじめてからも、あれこれ教えてくれと言ってこないんですよ。」「また、マクロ機能を使って、自分たちの手で自分の気に入ったシステムに直せるのも大きな魅力です。」と語っていただきました。
使い易さで選ばれたMEシリーズ10。今、ブリヂストンサイクル株式会社殿で、そして皆様の暮らしのそばで活躍しています。

「MEシリーズ10」
サイクル 設計部 内藤 純一氏

ブリヂストンサイクル株式会社
サイクル設計部
山崎 博夫氏

〈トータルCAD/CAM/CAEを実現ーYHP CADファミリ〉

●2次元汎用CAD「MEシリーズ10」
優れた作図・編集機能に加えて、マクロ機能をはじめとする便利な機能を満載。2次元設計をスピーディに行うとともに、自動設計も可能にします。

●3次元ソリッド・モデリング・システム「MEシリーズ30」
2次元図形上での操作とわかりやすいコマンドにより、ソリッド・モデルが簡単スピーディに作成できます。

●トータルメカニカルCAE「SDRC I-DEAS」
3次元ソリッドモデラ、FEM、モーダル解析などの各モジュールを統合化。大規模な機械設計を総合的にサポートします。
※SDRC、I-DEASは米国SDRC社の登録商標です。

MEシリーズ10

横河·ヒューレット·パッカード

■資料のご請求は横河・ヒューレット・パッカード株式会社宣伝部へ──〒168 東京都杉並区高井戸東3-29-21　●製品についてのお問い合わせは各営業所へ──本社・営業本部：03-331-6111/仙台：022-225-1011/水戸：0292-25-7470/宇都宮：0286-33-1153/長野：0266-23-0851/千葉：0472-25-7701/熊谷：0485-24-6563/大宮：0486-45-8031/新宿：03-348-4611/品川：03-458-5411/八王子：0426-42-1261/横浜：045-312-1252/厚木：0462-25-0031/名古屋：052-571-5171/静岡：0534-56-1771/京都：075-343-0921/大阪：06-304-6021/神戸：078-392-4791/広島：082-241-0611/福岡：092-472-8731
AD-EMS 8070

（資料請求番号　9）

スーパーキューブ

SUPER³

SUPER GRAPHICS SUPER COMPUTER & SUPER ARCHITECTURE

NEW

SUPER³ 1000　780万円より
13MIPS
SUPER³ 2000　1,080万円より
25MIPS

国産初のグラフィックスーパー登場!

SUPER³(スーパーキューブ)は、25MIPS、7MFLOPS、250MFLOPSベクトル演算パイプライン機構(最大構成ピーク時)、70万ショートベクトル/秒(3次元時)、18万グローシェーデット(グローシェーデット トライアングル/秒)の超高速グラフィックスーパーです。今までスーパーコンピューターでしか成し得なかった超高速演算をデスクサイドで実行し、CAD/CAM画像処理はもちろん、構造解析、流体解析、FEMなどエンジニアの要求する結果を瞬時にビジュアル化いたします。

GRAPHICS
日本電算機株式会社

東京・大阪・サンタクララ(シリコンバレー)・ニューヨーク
本　　社／〒101 東京都千代田区東神田2-6-9TEL03-864-8111(大代)
関西営業所／〒532 大阪府大阪市淀川区西中島6-8-9 TEL.06(300)0291

お問い合せは右記へ　本社電子機器部……TEL 03-864-5511 関西営業所……TEL 06-300-0291

高精彩度、高速グラフィックス処理を実現。

今日のデータ集積の技術の進歩は、あらゆるアプリケーションに大規模な複合データをもたらしました。これらの情報の判断に新しい視覚化技術が求められています。
CTC(伊藤忠テクノサイエンス)では、すでにCGデザインやアニメーションをはじめとして医療、リモートセンシングなどの分野で豊富な実績を持つ"PIXAR II"をはじめ、先進のSunワークステーション上で高精彩度、高速グラフィック処理を実現する"CXPシリーズ"及び"TAAC-1"をラインナップ。
とくに、高いパフォーマンスが要求されるイメージ分野、ハイエンドビジュアル分野及びシミュレーションを含む新しいアプリケーションの分野で、その威力を最大限に発揮します。

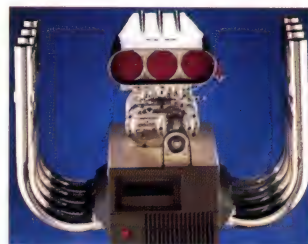
©1988 Pixar

©1988 Pixar

最新のVLSIデザインとディスプレイテクノロジーを用いて設計されたPIXAR IIには、オリジナル・ピクサー・イメージ・コンピュータの優れた機能が組み込まれており、ソースプログラム・レベルでソフトウェアの互換性が維持されています。これにより大容量、高品質なデジタル画像の生成や合成、編集を高速で処理することができ、優れたコスト・パフォーマンスを実現します。

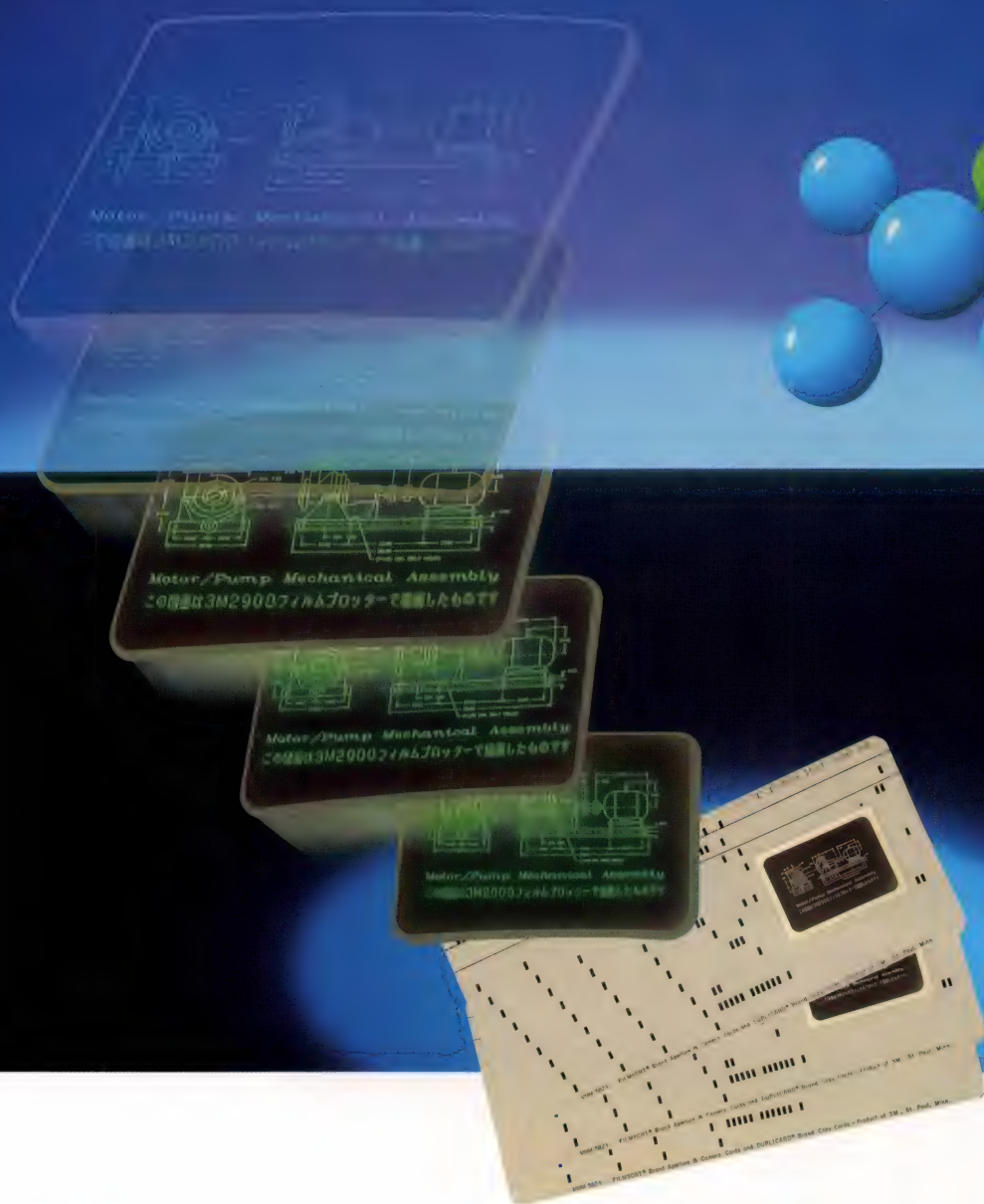
©1988 Pixar

CXP
グラフィックスワークステーション

Sunワークステーション上で、CXPシステムを稼働させることにより、ソリッドモデリング、有限要素解析、分子モデリングのようなグラフィックス指向のアプリケーションで必要とされる2-D及び3-Dの処理を高速で処理することができます。またCXPは、GPCI、Pixwin、Pixrect、Sun Viewなどと互換性を持っています。

TAAC-1
アプリケーションアクセラレータ

Sunワークステーションにプラグインして使用できる、フルカラーを備えたアプリケーションアクセラレータです。TAAC-1を使用することによって、幾何モデリング、高品質のレンダリング、シミュレーションや画像処理のような高速の計算を要求されるアプリケーションの処理を、20〜100倍高速化(40MIPS及び20MFLOPS)することができます。

CTC
伊藤忠テクノサイエンス株式会社
アプリケーションシステム部CGグループ　電話03(419)9163
本　　社　〒154 東京都世田谷区駒沢1-16-7　電話 03(419)9000(代)
大阪支店　〒541 大阪市東区北久宝寺町5-25 東明ビル 電話 06(241)4700(代)
名古屋支店　〒460 名古屋市中区錦1-5-11 伊藤忠ビル　電話052(203)2815(代)

CADからダイレクト出力。

図面情報をアパーチャーカードで一気に出力。
CADシステムと連動する3M"2900"CADフィルム・プロッター。

設計・製図業務の効率化に多大な役割を果たすCADシステム。しかし、その出図時間となると決して効率的であると言えないのが現状です。3M "2900" CADフィルム・プロッターは、システムとリアルタイムに連動して、ベクター高速出力を達成。CADデータから直接、高品質・高解像度のマスター・アパーチャーカードを作成することにより、出図効率を飛躍的に向上させます。しかも、ペンプロッターや静電プロッターも不要。プリントアウトの必要もありません。これにより、図面管理が容易になるとともに、縮小・複製・配布といったニーズにもスピーディに対応することができます。さらに、位置・サイズの自動補正により最適イメージを描写。完全なオンラインで、フィルム現像、カードのパンチ・印字を高速で自動処理します。

また、"ECADS"(コンピュータ支援図面自動配布システム)への拡張も自在。設計業務をはじめ、管理業務や製造工程の効率化に優れた機能を発揮します。

3M"2900" CADフィルムプロッター

- カルコンプ906に準拠
- 5種類のレーザービーム線幅で作画が可能
- サイズ、センタリングASCIIコード
- オペレーターフリー

3M Engineering System / File Management System **KIP**

ケイアイピー・イメージ インテグレーション株式会社

本社 〒102 東京都千代田区九段南4丁目8番21号 TEL.(03)234 6511(大代表)
大阪営業所 〒530 大阪市北区天神西町8番17号 TEL.(06)364 5396(代表)
名古屋営業所 〒460 名古屋市中区大須4丁目14-57 TEL.(052)251 3401(代表)

資料請求 ピクセル-11

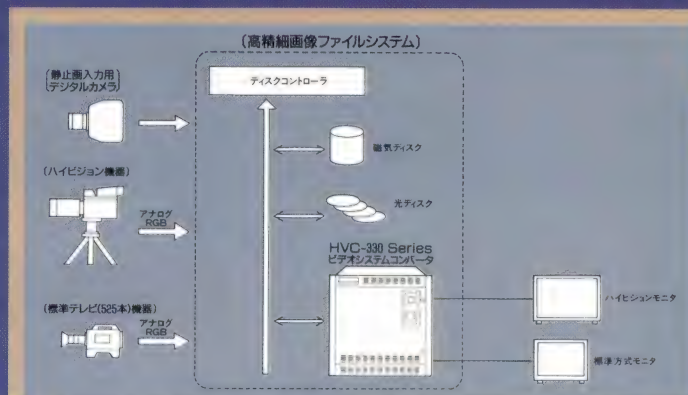
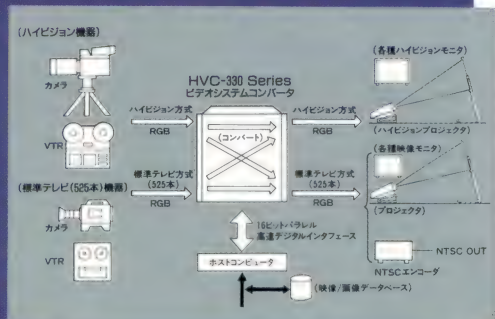
Ikegami

映像進化論

次代の映像世界へ　HVC-330 Series ビデオシステムコンバータ

ハイビジョン、コンピュータグラフィックスなどに代表される次代の映像世界と、標準テレビ方式による従来の映像世界との、相互の橋渡しを実現する先進のビデオシステムコンバーター──HVC-330 Series。ハイビジョンと標準テレビ方式間の相互のリアルタイムコンバート機能、大容量フレームメモリ機能、さらに外部コンピュータとの画像データの受渡しを可能にする高速デジタルインタフェースなどメディア間の障壁を越えた画期的機能が、映像の新たなる価値を創造します。

Video System Converter

主な機能　●アップコンバート（標準テレビ方式➡ハイビジョン方式）　●ダウンコンバート（ハイビジョン方式➡標準テレビ方式）　●ハイビジョンフレームバッファ　●標準テレビフレームバッファ

高精細画像ファイルシステム

本システムは、HVC-330を中核として開発された静止画像ファイルシステムです。
ハイビジョン/標準テレビの両方式に対応し、高精細にファイルできます。また、ディスクコントローラからの制御でファイルの検索も自在に行えます。

画像情報を鮮明にビジュアライズ　TM-2056S/1456S 高性能カラーモニタ

画像処理システムにおける様々な映像を、画像データとして適確に伝える高性能カラーモニター──TM-2056S(20インチ)/1456S(14インチ)。
画像処理に携わるプロの期待に応え、人とマシンのより高度なコミュニケーションを実現します。

- ●水平解像度500本以上。
- ●高性能くし形フィルタを装備。ニジミ、チラツキを大幅に減少。
- ●入力系統はRGB、NTSC、Y/Cなど豊富に用意。

TM-2056S　　TM-1456S

池上通信機株式會社　営業本部:105東京都港区浜松町1-1-11住友東新橋ビル

お問い合わせは 営業本部:産業営業第一部☎(03)432-3771代表 または下記営業所へ
営業所:札幌☎(011)231-8218・仙台☎(022)227-2066・名古屋☎(052)931-2543・大阪☎(06)941-6211・広島☎(082)223-3163・福岡☎(092)451-2521

（資料請求番号　13）

トータルな環境を提供する

monolith series

大容量FB monolith2001FB 新発売

このメモリー(2048×2048×24ビット)で、この価格(¥980,000)

大容量メモリー内蔵の、汎用フレームバッファmonolith2001FBが、リーズナブルな価格で登場しました。画像入力、外部同期機能を標準装備し、様々な応用に即対応可能です。512×480サイズの画像で16枚、256×240サイズで64枚、128×120サイズなら256枚もの画像がリアルタイムで取り込めます。CGアニメーションのリアルタイム表示も、同じ枚数だけ行えます。インターフェースボードとドライバーソフトウェアも、各機種用が用意されています。

【用途】

●CGアニメーション ●画像処理 ●印刷
●動画解析等

【オプション】

●インターフェースボード：PC-9801シリーズ、IBM-PC/ATbus、Multibus、VMEbus用等
●ドライバソフトウェア：PC-9801シリーズ、IBM-PC/AT、アポロDOMAIN、SUN、NEWS用等
●3次元CGソフトウェア

【monolith2001FB仕様】

●画像メモリーサイズ…2048×2048×24ビット(RGB各8ビット) 12Mバイト
●表示サイズ…………横640×縦480、または横512×縦480(出荷時選択)
●同時表示色…………1677万色
●ズーム………………2倍、4倍
●スクロール…………横8ドット、縦2ドット単位
●表示タイミング………水平:15.75KHzインターレース 垂直:59.94Hz
●入力信号…………R G B HD VD
●出力信号…………R G B Sync

同時新発売
monolith4001FBもあります。
●画像メモリーサイズ…横4096×縦2048×24ビット
●表示サイズ…………横1280×縦1024(インターレース)

SIG 株式会社 エス・アイ・ジー
System Integrators Group
〒108 東京都港区白金4-2-6 白金三五ビル ☎03-444-1666代
お求め、お問い合せは、☎03-444-1666

ビデオ・マイクロテクノロジのリーダー

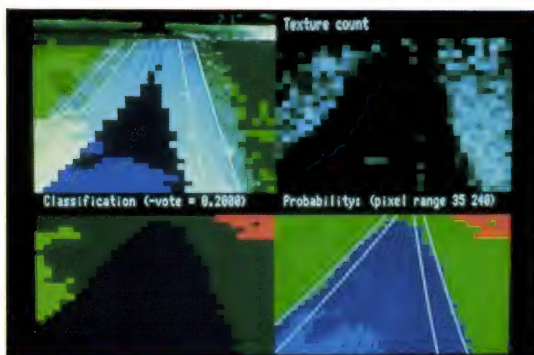
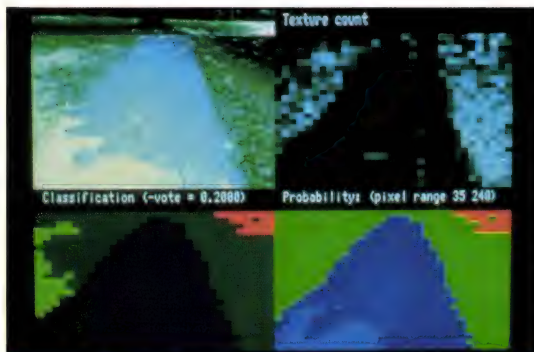
マトロックス社(カナダ)

MVP-VME

VME-busリアルタイム画像処理ボード

MVP-VME(MATROX Vision Processor)は、全く新しいコンセプトを持った画像処理ボードです。特定領域に対するウインドウ処理、リアルタイム画像間演算、フリッカ・フリーのノンインタレース出力、32ビット・プレーンのフレーム・バッファをVME-bus上で実現しました。さらに、強力なグラフィックス機能を搭載して、テキスト、グラフィックスのオーバーレイを高速に実行します。また、68000をローカルCPUとして搭載することによって、画像処理時のホストCPUの負荷を大幅に軽減することが可能になりました。ハイレベルの画像処理コマンドがファームウェアで提供されますので、システムアップまでの準備作業も短縮できます。

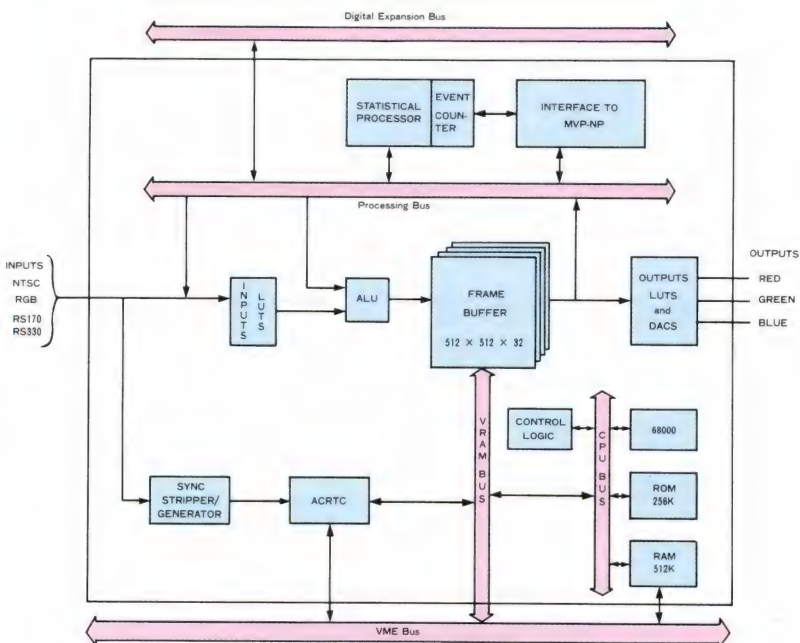
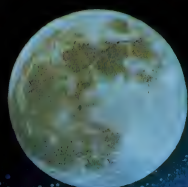
MVP-VMEを搭載したVMEシステムは、非常に強力な画像処理システムとして、各種リアルタイム・アプリケーションでお使いいただけます。自動検査、画像計測、位置決め、ロボット制御、形状認識などのマシンビジョン・アプリケーション、画質改善が求められる医用画像処理、ソナー画像処理、リモートセンシングといったアプリケーションで、高機能リアルタイム・システムとしてご利用いただけます。

MVP-VMEは、コンボルーション、ヒストグラム、アベレージング、減算やその他多くの処理を、リアルタイムで処理します。また、Neighborhood(近傍処理専用)プロセッサを搭載したMVP-VME/NPは、近傍処理を高速化し、さらにパターン・マッチング、カラー・プロセッシングなどの機能を提供します。

VMEbusユーザのみなさまへ……

リアルタイム画像処理のマトロックス社です。

主な特徴

●カラー及びモノクロ画像取込み ●32bitプレーン ●512×512×8bit×4フレーム ●フレームバッファ1Mbyte増設可能 ●ALU搭載(12.5Mピクセル/秒) ●画像間演算 ●リアルタイム・フレームアベレージング ●コンボルーション ●モフォロジー ●ヒストグラム及びエリア・プロファイル生成 ●ウインドウ処理 ●ACRTC搭載 ●68000ローカルCPU搭載 ●ハイレベル・グラフィックス及び画像処理ファームウェア搭載 ●プログラマブル表示解像度 ●インタレース/ノンインタレース出力 ●低価格

ブロックダイヤグラム

(資料請求番号 15)

ユーザープログラマブル

NWX3390のコントロールプロセッサMC68020のファームウェアをユーザーに開放しました。ファームウェアの作成ツールとしてCコンパイラ、アセンブラが使用できます。これによりアプリケーションソフトウェアとの大幅な負荷分散が可能となります。

浮動小数点演算

IEEE準拠の浮動小数点演算をサポートします。浮動小数点による4×4マトリックスの座標変換やマトリックスの結合が可能です。
これによりホストで行っていたモデルの操作が、NWX3390で可能となります。

- 大画面超高精細表示(2048×2048)
- 超高速表示
- 大容量ローカル図形用メモリ
- 浮動小数点演算
- ユーザープログラマブル・ファームウェア
- ダブルバッファ制御
- ディプスキューイング
- 隠面消去
- スムーズシェーディング
- 半透明表示
- VMEバス採用

JRC 日本無線株式會社

お問合わせは電子営業部情報機器課へ
本社事務所　〒107 東京都港区赤坂2丁目17番22号　赤坂ツインタワー本館
☎(03)584−8821(ダイヤルイン)　ファクシミリ(03)584−2482

- 北海道支社(札幌) ☎(011) 261−8321
- 青森支店(八戸)／☎(0178) 33−5222
- 四国支店(高松)／☎(0878) 33−9800
- 東北支社(仙台) ☎(022) 225−6831
- 東海支店(清水)／☎(0543) 53−0138
- 中国支店(広島)／☎(082) 243−0686
- 関西支社(大阪) ☎(06) 344−1632
- 中部支店(名古屋)／☎(052) 203−1225
- 長崎支店／☎(0958) 61−8148
- 九州支社(福岡)／☎(092) 761−2636
- 神戸支店／☎(078) 321−2431
- 鹿児島支店／☎(0992) 23−5261

(資料請求番号　16)

Graphic Display Controller for Video Use

FBX24®VF

1024×1024×24-Bit Frame Buffer+12KByte Color Look-Up Table
NTSC GENLOCK+Video Image Capture

NICOGRAPH'88
出展
11月8日(火)〜11日(金)
池袋サンシャインシティ
ブースNo.42

出展予定品目

- ●光ディスク画像ファイリング・システム
  NEC PC9801+FBX24VF+8″光ディスク
- ●SUN、NEWS対応FBX24
- ●IBM PC/AT、AX対応フルカラー・アダプター
  FBX24/AT(参考出品)
- ●FBX24アプリケーション・ソフトウェア
  新ペイント・プログラム　MARK-2D(仮名)
  レイトレーシング・プログラム　EMA
  スキャンライン・プログラム　MARK-3D
  Auto CADコンバータ　ADMK
- ●光ディスク内蔵386システム　GWS386
  386システム+FBX24/AT+5″光ディスク(参考出品)
- ●ビデオ対応FBX24システム
  NEC PC9801+FBX24VF+IMAGEPATH+S-VHS VTR
- ●3次元 EWS(参考出品)
  Silicon Graphics **Eclipse Super/380** (開発品番)

ビデオ入力をプラスし、フルカラー画像をリアル・タイム読み込み
ツイン・フレーム・バッファーで、ドット・アスペクト比、1:1を実現

"FBX24VF"は、"FBX24スタンダード"にNTSC GENLOCKを付加し、更に、ビデオ画像入力を可能にしたものです。FBX24メイン・ボードとイメージ・キャプチャー・ボードから構成され、イメージ・キャプチャー・ボードには、入力画像の為の独立したフレーム・バッファー(700*640*24-Bit)が搭載されているため、メイン・ボード上の画像と比較しながらでも目的の画像をリアル・タイムで入力できます。

※常時、デモを行っております。別途、システム開発につきましてもお気軽にお問合せください。
※外観、仕様は、予告なく変更される場合があります。

開発・発売元/株式会社テクネ 〒150 東京都渋谷区宇田川町2-1、No. 620 ☎03-464-6927 FAX. 03-476-2372

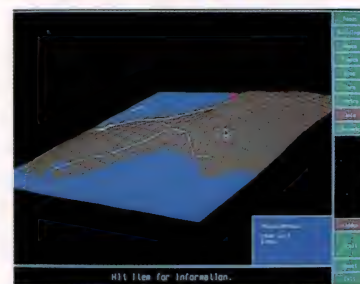
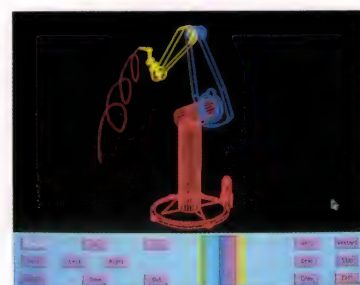
KOBELCO

最速グラフィック処理

拡張バス・スロットにエンジンボードを実装することによりPC9800シリーズをグラフィック・ワークステーションにグレード・アップ。パーソナルHOOPSは、神戸製鋼が開発した、3次元リアルタイムグラフィック・エンジンです。HOOPSの持つグラフィック・ライブラリーにより、科学、ビジネス、エンジニアリング関連等の先進型アプリケーションを作成する事が可能となります。

特長
- 32ビットプロセッサを搭載した、高速演算ボード
- 32ビットプロセッサとカスタムLSIによる、高速3次元表示。
- 効率的なオブジェクト指向型ライブラリー
- 3次元グラフィックデータベースによりデータ管理が容易
- パソコンはもちろん、メインフレーム、ミニコン、ワークステーション等の機種で動作。

HOOPSは米国イサカ・ソフトウェア社の登録商標であり、日本ではファモティク株式会社がライセンスしているソフトウェアです。

Personal HOOPS
パソコン用3次元リアルタイム高速グラフィックエンジン

東京　〒150東京都渋谷区神宮前6-27-8(京セラ原宿ビル)
TEL. (03) 797-7081～3 FAX. (03) 797-7080
神戸　〒651神戸市中央区脇浜町1-3-18
TEL. (078) 261-5300 FAX. (078) 261-5310

NICOGRAPH '88に出展
池袋サンシャインシティ 11月8日～11日

真mana名

先進のアウトライン・フォント作成システム、誕生。

従来の24ドット・フォント

飛翔

飛翔

真名で作成されたアウトライン・フォント

日本語DTP時代のニーズに応える高品位フォントを
パソコン上でスピーディに作成します。

パソコン上で稼働

真名はパソコン上でアウトライン・フォント作成を実現します。特別なハードウェアは必要なく、従来のようにミニコンやEWSを使用する場合に比べ、低コストです。

ドット・パターン編集機能

スキャナー、TVカメラよりドット・パターンを入力できます。マウスにより読み込んだパターンに追加、修正が可能で、スムーズ拡大機能や入力ノイズの修正機能など高度な編集機能も装備しています。

円弧、ベツェール曲線のあてはめ

真名では、特殊なアルゴリズムの開発により、曲線部の円弧、ベツェール曲線のあてはめを高速に自動的に行います。ドット・パターンでは不可能な美しいアウトライン抽出を実現しました。

アウトライン編集機能

作成されたアウトラインは、直線、円弧、ベツェール曲線として修正、追加が可能です。文字の大きさの自由な選定、回転、白抜きなども容易に実現。パソコンCADクラスの編集機能を持っています。

バッチ処理機能

ユーザーが設定したバッチ・プログラムにより、同一処理の多いアウトラインの抽出を自動実行することが可能です。

カッティングプロッターに対応

作成されたアウトラインは、カッティングプロッターで出力できます。ポップ文字やロゴタイプの作成はもちろん、各種デザイン作業に威力を発揮します。

＊MS-DOSは米国マイクロソフト社の登録商標です。

使用条件

- ●パソコン：NEC PC-98XA、PC-98XL、PC-98XL²
  入力装置：NEC PC-IN502およびTVカメラ等
  CRT：ハイリゾリューションディスプレイ
- ●メモリ 768Kバイト実装　●MS-DOS 3.0以上
- ●マウスが必要です。ただし、アウトラインの抽出部分のプログラムには必要ありません。
- ●アウトライン・フォントの編集プログラムについては80287等のNDPが必要です。

価格 150万円(MS-DOSは別売)

総発売元
Mitsubishi Corporation
三菱商事株式会社
取扱セクション
技術部インフォーメーション テクノロジーチーム
〒100-86 東京都千代田区丸の内2丁目6番3号 TEL.03(210)2538、7543、7386

NICOGRAPH '88に出展
■会期 11月8日(火)〜11日(金)
■会場 池袋サンシャインシティ ミプロ展示場EPゾーン

開発元
ICL
Information and Control Laboratory Co., Ltd.
株式会社インフォメーション アンド コントロール研究所
〒160 東京都新宿区新宿5丁目11番22号中島ビル5F TEL.03(352)4746 FAX.03(357)7114

(資料請求番号 20)

image maker

IM-9800

●2Dペイント ●3Dアニメーション ●IM RAY-TREKⅡ ●ビデオワープロ ●3DM ●DTP4U

投影図、フィニッシュアート、ロゴデザイン、ポスター、チラシ、ラベル、ブループ、ブリプレス、パッケージデザイン、製版【製造業】製品デザイン(車、船、電気器具等)、商品企画デザイン、カラーカンプ、ボトルデザイン、工業デザイン【教育】ビデオ、スライド、OHP教材制作、CG教育、美術教育【企業】会議用スライド、OHP制作、会社案内ビデオ制作、ビジネスグラ

CGデザイナー　安原 和徳

【サービス】不動産物件、住宅物件、中古車物件、百貨店等の催事、旅行代理店、結婚式場、美術館、博物館での画像データベース【医療機関】画像ファイリングシステム【繊維・ファッション】アパレルデザイン、テキスタイル、スタイルデザイン、染色、織物【化粧品・理美容・アクセサリー】メイキャップ、ヘアスタイル、店頭コンサルティング【研究機関】科学分析(リモートセンシング、分子モデル、マッピング)、ドキュメント制作、FEM、各種シミュレーション【芸術】コンピュータアート

映像は人の心を動かします

イメージメーカーはパソコンを使った本格的CGシステム。
多彩なパフォーマンスを見せるアプリケーションソフトと、
自在に拡張できるハードウェア構成で最高度のパーソナルCGワークステーションを実現しました。
映像の鮮烈さはあらゆるビジネス世界に衝撃をあたえました。

新たにPC-98XL²に対応いたしました。

『ニコグラフ'88』に出展　11月8日(火)～11日(金)
サンシャインシティ文化会館3F　ミプロ第2展示会場

■総販売元
日本電気販売特約店
株式会社ワイ・デー・ケー

新宿営業本部　TEL 03(342)2471
〒163 東京都新宿区西新宿2-4-1 新宿NSビル1F
大阪支店　TEL 06(532)7051
〒500 大阪市西区阿波座2-2-1 サンキンビル内

社会とともにIBM

IBM®

大型機の能力が、いま、パーソナルに。

IBMの国際標準機、新登場。

■米国のパーソナルシステム/2™の拡張版として、
日本語系、英語系の豊富な適用業務プログラムが使用可能に。
■業界初の次世代OS/2™拡張版、発表。大型システムのマルチ・タスク、
リレーショナル・データベース、コミュニケーション機能等をパーソナルシステム/55™で実現。

ワールドワイドなビジネス・ニーズに応えて、32ビット・ニューモデル、登場。 日本、米国それぞれ独自に開発され、2つのルーツをもつ IBMのパーソナル・コンピューティング。パーソナルシステム/55新モデルがパーソナルシステム/2の拡張版として、登場。これにより、両パーソナルシステムは単にハードの統合にとどまらず、日本語系と英語系という「言葉の枠」をも克服。パーソナルシステム/2用の豊富な適用業務プログラムやアダプター・カードが使え、多彩なアプリケーション展開がはかれます。いま、パーソナルシステム/55は真のグローバル・システムの時代へ。

OS/2拡張版、登場。パーソナルシステム/55で大型機の機能を実現。 より高度なアプリケーションを可能にするマルチ・タスク、マルチ・ウィンドー機能や1GB(ギガバイト)の仮想記憶空間サポートなどに加え、様々なデータベースを相互に関連づけ多彩な検索を可能にする「データベース・マネージャー」、他のシステムと対等にしかも同時に相互通信できる「コミュニケーション・マネージャー」を標準機能として提供しています。またパーソナルシステムから大型機まで、アプリケーション資産の継続的活用と開発の効率化がはかれる、SAA(システム・アプリケーション・アーキテクチャー)に対応しています。

■ニューモデルは、ともに32ビット・マイクロ・プロセッサーI 80386(16/20MHz)を搭載。最大16MB(メガバイト)の実メモリー領域。モデル5550-S/Tは、30/60/120MBハードディスク内蔵。モデル5570-Tは、70/115MBハードディスク内蔵、最大185/230MBまで拡張可能。24ドット・カラー/モノクロームの両表示を実現。■IBMの大型システムで培われた技術を生かしたMicro Channel™アーキテクチャーを採用。データ転送の飛躍的な円滑化/高速化を実現。■262,144色中256色カラー表示5574-C06など3種類の表示装置、新登場。■SAA準拠をはじめ、3種類の鍵盤を用意。■長時間多量の印刷に適した「5577-F02印刷装置」、ワイヤードット・インパクト方式の「5575-F02/B02印刷装置」も新登場。

IBMの最新のテクノロジーとアーキテクチャーを凝縮したこの一台から、次の時代が始まります。**日本アイ・ビー・エム株式会社**

次　の　時　代　も、パ　ー　ト　ナ　ー

IBMパーソナルシステム/55™

® IBMは、IBM Corp.(米国)の登録商標です。パーソナルシステム/55、パーソナルシステム/2、OS/2(オペレーティングシステム/2)、Micro Channelは、IBM Corp.(米国)の商標です。

資料請求券 ANN'T PIXEL

IBM OAセンター　札幌☎011(222)5550　仙台☎022(222)5550　東京 日比谷☎03(503)5550・新宿☎03(342)5550・兜町☎03(273)5550　名古屋☎052(581)5550　大阪☎06(203)5580　広島☎082(262)5540　福岡☎092(472)5550　パンフレット、進呈/ハガキに資料請求券を貼付のうえ、住所、氏名、勤務先・所属、電話番号を明記してお申し込みください。送付先:〒106東京都港区六本木3-2-12 日本アイ・ビー・エム株式会社 宣伝「パーソナルシステム/55」係

（資料請求番号　22）

夢をかたちに 信頼と創造の 富士通

エンジニア一人一人に、創造力。

トータルソリューションの実現へ。富士通からEWS「Sファミリー」新登場。

オープンシステムの思想をベースに、最先端の業界標準アーキテクチャを全面採用した富士通のEWS「Sファミリー」。最先端の研究・開発用ソフトウェアの身近な利用と、柔軟なネットワーク、そしてそれらをサポートする富士通のノウハウと技術が「Sファミリー」を核とした強力なトータルソリューションを実現。エンジニア一人一人の創造力を支援します。

■高機能オープンプラットフォーム

UNIX*のBSD版とSystem Ⅴを統合したオペレーティングシステムSunOS、Ethernet**LANなど最先端の業界標準技術を全面的に採用したオープンプラットフォームマシンを提供します。

■幅広い性能レンジをカバーする機種構成

富士通「Sファミリー」はS-3/50から世界最高レベルのCPU性能を誇るS-4/260まで、1.5MIPS～10MIPSと幅広い性能レンジをカバーする6モデルを用意しました。

■メインフレームなみの処理能力を持つS-4シリーズ

S-4シリーズのCPUには、サン・マイクロシステムズ社が設計し、富士通マイクロエレクトロニクス社が開発した、RISC方式のSPARC（拡張可能プロセッサ構造）アーキテクチャを採用。最高10MIPSというメインフレームに匹敵する処理能力を実現しています。

■強力なグラフィック機能を持つCXPモデル

S-3/260、S-4/150CXP、S-4/260には高度なグラフィックアプリケーションを可能にするグラフィックアクセラレータ搭載のCXPモデルを用意しました。20万ベクトル/秒の高速描画機能を持ち、高速処理を必要とする3次元ソリッドモデリングなどに最適です。

■1500種類以上のサードパーティソフトが動作

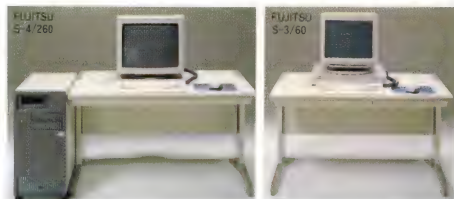
サン・マイクロシステムズ社のSun-3ファミリー、Sun-4ファミリーと100％互換性があり、研究・開発、エンジニアリング分野で定評のサードパーティソフトウェア1,500種類以上がそのまま動作します。

■柔軟なネットワーク構築

OSN（オープンシステムズネットワーク）により、異機種間で自由に資源の共通化が図れ、ネットワークを単一のコンピュータシステムとして機能させることができます。また、NFS***（ネットワークファイルシステム）、X-Window、NeWS***などの広く業界標準として受け入れられているソフトウェアにより、分散している資源を多数のワークステーション、サーバ、他のコンピュータシステムから容易にアクセスできます。

■あらゆる分野に対応する富士通のEWS

FACOM G-200シリーズ、Σstation200に「Sファミリー」を加え、富士通のエンジニアリングワークステーションは、あらゆるニーズに応えるラインアップを完成。さらにはスーパーコンピュータVPシリーズ、汎用コンピュータMシリーズ、スーパーミニコンAシリーズなどとのネットワーク連携で、トータルソリューションを提供します。

* UNIXは、米国AT&Tベル研究所で開発されたオペレーティングシステムの名称です。
** Ethernetは富士ゼロックス株式会社の登録商標です。*** NFS、NeWSはサン・マイクロシステムズ社の登録商標です

〈FUJITSU S-4シリーズ〉
●S-4/260（デスクサイドタイプ）●S-4/150CXP（デスクサイドタイプ）●S-4 110（デスクトップタイプ）
〈FUJITSU S-3シリーズ〉
●S-3/260（デスクサイドタイプ）●S-3/60（デスクトップタイプ）●S-3/50（デスクトップタイプ）

富士通 Sファミリー エンジニアリング ワークステーション
FUJITSU
S-3/4シリーズ

富士通株式会社　電算機販売推進部 〒100 東京都千代田区丸の内1-6-1 ☎(03)216-3211㈹　大阪支店 〒530 大阪市北区堂島1-5-17 ☎(06)344-1101㈹

（資料請求番号 23）

'88のコンピュータ神話。

リアルタイム・グラフィックスの未踏領域を拓く TITAN（タイタン）

'88年のエンジニアリング・シーンに燦然とデビュー、グラフィックス・スーパーコンピュータ〈TITAN〉。新たなコンピュータ神話を築こうとしています。スーパーコンピュータ並の演算パワーと高速3次元グラフィックス機能を、ハイバランスに融合。一挙にリアルタイム・グラフィックスを実現しました。科学技術計算と、その結果をリアルタイムでビジュアライズするリアルタイム・グラフィックスの世界。今日まで、どんなに高価なスーパーコンピュータも、グラフィックス・ターミナルも到達しえなかったこの未踏領域に、いま〈TITAN〉が第一歩を印したのです。しかも、エンジニア一人一人に手が届く低価格で……。科学技術シミュレーション、モデリングに新次元を拓く〈TITAN〉、クボタコンピュータがお届けします。

東京国際バイオ・フェアに出展　10/20(木)～10/23(日)サンシャインシティコンベンションセンター　文化会館2F

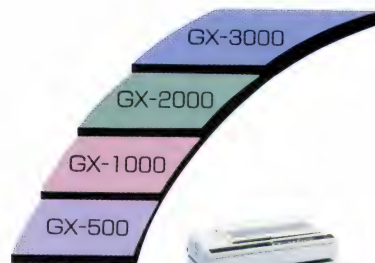
Graphics Supercomputer

TITAN

〈構成〉
ハードウェア：本体(1～4プロセッサ並列処理、8～128MBメモリ、380MBディスク3台および120MBテープ内蔵)、19インチカラーモニタ(1670万色)、キーボード、マウス　他
ソフトウェア：UNIX(System V.3およびBSD4.3)、自動ベクトル化自動パラレル化コンパイラ(FORTRAN-C)、VAX/VMS互換コンパイラ(FORTRAN)、NFS、Doréグラフィックツール、TCP/IP、イーサネット、X-WINDOW、日本語機能　他
〈性能〉
ピーク演算性能：16～64MIPS、16～64MFLOPS(1～4プロセッサ)
倍精度 LINPACK：6.1MFLOPS(1プロセッサ時)、10MFLOPS(2プロセッサ時)
グラフィック性能：5千万グローシェーディドピクセル/秒、40万ショートベクトル/秒、7.5～20万ポリゴン/秒(1～4プロセッサ)

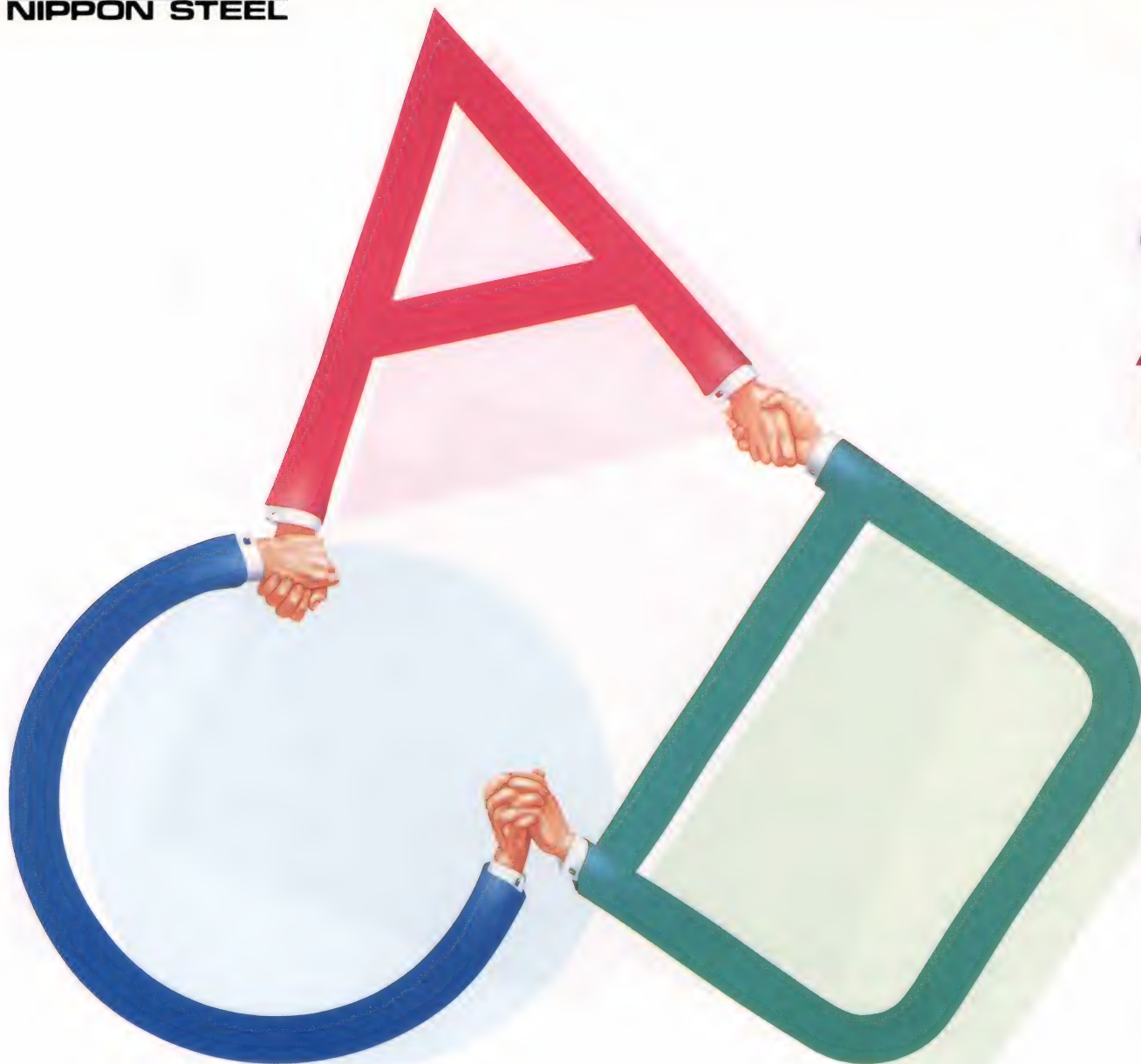
＊UNIXはAT＆T社の開発したOSです。
＊VAX/VMSはDIGITAL EQUIPMENT社の登録商標です。
＊NFSはSun Microsystems社が開発しライセンスしているソフトウェアです。
＊イーサネットはXEROX社の登録商標です。

クボタコンピュータ株式会社

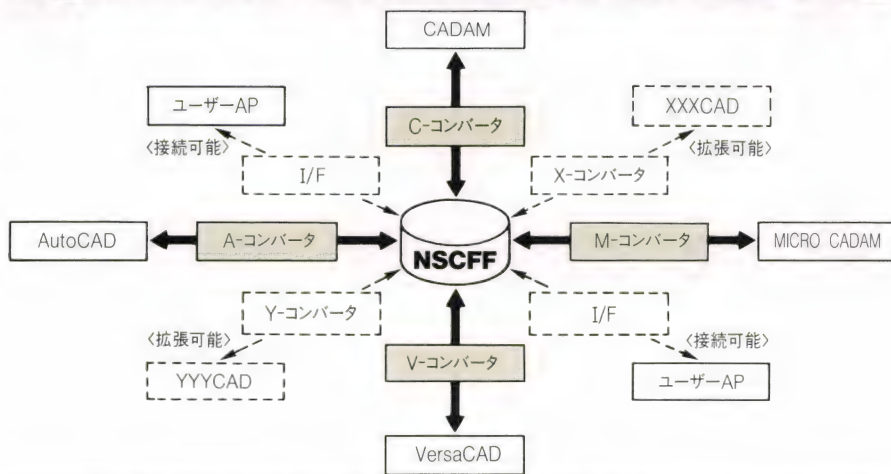
〒160 東京都新宿区新宿2-8-8 ☎03(225)0741　大阪支店 〒541 大阪市東区本町5-15-2 ☎06(264)2501　山梨工場 〒400-02 山梨県中巨摩郡白根町下今諏訪907-8 ☎0552(84)4861

三菱電機株式会社

お問合せは……………………三菱電機株式会社 〒100東京都千代田区丸の内2-2-3(三菱電機ビル)●本社公共事業部(03)218-2566●札幌(011)212-3711●仙台(022)264-5611●盛岡(0196)51-9842●秋田(0188)64-6925●福島(0245)33-5163●新潟(025)241-7212●大宮(0486)53-0231●横浜(045)211-2241●富山(0764)42-2321●金沢(0762)52-1109●名古屋(052)565-3243●静岡(0542)51-2851●大阪(06)347-2072●京都(075)361-2191●姫路(0792)88-0561●広島(082)248-5231●松江(0852)24-9335●岡山(0862)25-5171●徳山(0834)31-5020●高松(0878)25-0005●松山(0899)31-7542●高知(0888)24-9477●福岡(092)721-2142●長崎(0958)27-5691●鹿児島(0992)51-7991●北九州(093)511-2556●那覇(0988)61-2450

NIPPON STEEL

システムがちがっても、正確です。

新日鉄の技術を結集した統合化CAD実現ツール。

NSCFF：CADデータコンバータは、わたしたち新日鉄が長年のCAD利用経験を注ぎ込み、ユーザーの立場に立って開発した、異なるCADシステム間のデータ交換を行なうプログラム群です。中間ファイルを利用する形態を採用し、従来のソフトウェアに比べ、きわめて高い変換率を実現。図面、寸法線、テキストはもとより属性データまで、CAD機能の100％に近い変換が可能です。また、拡張性と汎用化をとりわけ重視。2システム間に限らずユーザーの利用ニーズに応じ、さまざまなシステム間にマルチに対応します。さらにシンプルなレコード様式、ファイル構造で、ユーザーがサブシステムを構築することも容易にしました。統合化時代がもとめる理想のCADコンバータ。NSCFF：CADデータコンバータは、CADデータ変換ソフトウェアの、一歩進んだカタチです。

NSCFF:CADデータコンバータ

●AutoCAD™はオートデスク㈱の登録商標です。●CADAM®はCADAM社の登録商標です。●MICRO CADAM™はCADAM社の商標です。●VersaCADは米国VERSACAD社の登録商標です。

新日本製鐵株式會社

エレクトロニクス・情報通信事業本部：〒100 東京都千代田区大手町2丁目6番3号 TEL03(242)4111大代表
お問い合わせ：企画調整部 TEL03(275)5372 鉄骨CAD/CAMセンター TEL06(373)8261

（資料請求番号 26）

Ver.2.0

パソコンでフルカラーのソリッドモデリング

『マドレールSF』は、円柱、円錐、球、回転体、柱体といったプリミティブのブーリアン演算を行うことにより、複雑な3次元物体を生成するソリッド・モデラーです。
モデリングはキーボードまたはプログラムによってインターラクティブに行えます。自動的にプログラムを生成するレコード機能も備えています。
データ表現はB-reps(境界表現)となっています。入力および出力部分は公開されていますので、他のアプリケーションのCSG(Constructive Solid Geometrーy)形式のデータを『マドレールSF』の入力データとしたり、『マドレールSF』でモデリングしたものを他のワークステーションやミニコンなどでレンダリングしたりすることが可能です。
稜線表示、簡易陰線消去表示、陰線消去表示、半透明なコンスタント・シェーディング表示、レイトレーシング表示といった表示モードがあり、これらのモードを組み合わせた複合表示も可能です。フレームバッファを使用すれば、1677万色を使ったシェーディング表示が行えます。半透明なコンスタント・シェーディング表示は稜線表示と同程度の速度で表示をすることができます。
数値演算プロセッサ8087、80287、80387を使用すれば高速な演算が可能となります。数値演算プロセッサがなくとも高速な演算が可能なプログラムも用意されており、ラップトップ・パソコン上でモデリングすることも可能です。
現在対応しているパソコンは、PC−9801およびPC−286シリーズです。フレームバッファはサピエンス社のスーパーフレームが使用可能です。フレームバッファが実装されていない場合はPC−9801のグラフィックス画面に4096色相当のタイリング表示で出力します。

※東京秋葉原T・ZONEにて『マドレールSF』のデモを行っております。
※『マドレールSF』、『UCG』ともにPC-9801RA、MS-DOSバージョン3.3に対応しています。

●価格／¥118,000
●開発・販売／株式会社 アークブレイン

Ultra C Graph Ver.1.52

PC-9801、PC-286対応 C言語用超高速 グラフィックス・ライブラリ

■Quick C Ver.1.0、Microsoft C Ver.5.0(以上国内未発売)、4.0、TURBO C Ver.1.5、を初め、Lattice C、Optimizing Cに対応しています。(各別製品)
■グラフィックス関数は全てアセンブラで記述されており、しかもLIOをコールせずに、GDCやグラフィックスVRAMに直接アクセスしているため、究極のスピードを実現しています。6種類の描画モード、128倍迄の画面ハードコピーなどUCGならではの機能が豊富にあります。高速CADなどのアプリケーション開発用に最適です。
■ANSIの規格に対応したプロトタイプ宣言がしてあるため、返り値と引数の数と型のチェックが厳密に行えます。
※当社に直接お申し込みの方に限り、テキスト画面の拡大ハードコピーが行えるユーティリティのソース・プログラムを差し上げます。

●価格／¥32,000 ●開発／株式会社 アークブレイン

開発スタッフ募集
※新卒者同時募集※見習も可

Arcbrain
株式会社 アークブレイン 〒151 東京都渋谷区幡ヶ谷3-20-2 グランドメゾン幡ヶ谷207 TEL.(03)375-8968 FAX.(03)375-8767

■お申し込み・お支払い方法■
『マドレールSF』、『UCG』はパソコン・ショップまたは当社で直接お買い求めいただけます。住所・氏名・電話番号・商品名(UCGではC言語の種類も明記)・個数・ディスクの種類を明記のうえ電話、FAXまたは封書にてお申し込み下さい。お支払いは銀行振込、現金書留または郵便振替にてお願い致します。入金確認後、即日発送いたします。送料は当社で負担いたします。

《振込銀行》

八千代信用金庫	笹塚支店	当座	005-1043492
第一勧業銀行	笹塚支店	当座	161-0115523
三菱銀行	笹塚支店	普通	138-4857406

《振替口座》 東京1-251652

(使いやすさのCAD/CAMです)

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
1	再登録	登録	呼び出し	合成	線色	ホワイト	レッド	ブルー	グリーン	イエロー		寸法線クリア	レイヤクリア	オールクリア	終了
2	登録抹消	グループ登録	グループ呼び出し	グループ合成	線種							グループ			
3	カタログ	ハードコピー	プロッター出力		線										グループ消去
4		パラメトリック登録	パラメトリック呼び出し	パラメトリック一括変換								グループ修正	グループ分割	ワンショットコピー	グループ線種変更
5	曲げ展開														
6													グループスケール	グループコピー	代表点1
7	工具登録														代表点2
8															
9	CLFクリア														
10															
11	穴加工														
12												設定切り換え	寸法・文字変更	移動	
13	CLF編集	NCデータ作図	エディタ	NCデータパンチ					X方向チェック	Y方向チェック	マスク切り換え	7	8	9	クリア
14									文字	公差	寸法値修正				
15									オート文字	±		4	5	6	—
16									文字タイプ	精度スイッチ	寸法値消去				
17									文字幅	寸法値精度		1	2	3	
18					穴寸法自動記入			バルーン	Φ	寸法値係数	寸法データ整理				
19					グリッド設定	ガイドON/OFF	線種変更	部分拡大	描き直し		消去	0		.	
20						原点	データ表示	スケール	データ整理						

◀タブレット・メニュー

図面作成から マシニング・センター用NCテープ 自動作成までを1台で———。

使いやすさ と 圧倒的実績の
機械・金型用パーソナルCAD/CAM

Speedy/mill

●機械・金型の図面作成から穴あけ・輪郭切削・ポケット加工 及び 2½加工（オプション）までを、1台で一連処理します。

●Speedy/mill 2000に加えて、大型20インチ・ディスプレイ搭載・40MB HD装備のSpeedy/mill 3000も大好評です。

●主な機能

16桁倍精度演算方式・スプライン曲線・レイヤ機能・パラメトリック機能・工具登録機能・穴あけ加工順序のユーザー登録機能・工具干渉チェック機能・ポケット加工機能・2½加工機能（オプション）・NCデータ作図機能

System Integrator Olivetti
最適の機器で
最善のシステムを——

(オリベッティの CAD/CAM)

olivetti
日本オリベッティ株式会社
〒152 東京都目黒区碑文谷1-26-17
電話 (03)714-1211㈹

1988 11
No.74
昭和63年11月1日発行　毎月1回1日発行

●表紙の解説

人間には不可能にチャレンジしたいという欲求が尽きないようだ。交通機関の発展は総てそうであるし，世界中と同時にコミュニケーションをとることや，宇宙に立つことも実現されている。僕たちの道具であるコンピュータにいたっては，新たな不可能を実感させてくれる，罪深いものである。

普段，ターミナルの前に座りっぱなしだと，気持ちの部分だけでどこかに行ってしまうことがある。そんな時は，人間の根元的な欲求がベースとしてのトリップとなることが多い。心象に対してストレートな表現ができるCGでは，必要以上に画面に表出してくるようだ。CGではどんな状況も不可能ではない。

なま暖かい母なる海に抱かれ，酸素の心配もせず，さめた日常，漂う，過ぎ行くだけの時，白昼夢。

floating coolers

林弘幸

[トレンド]

広告索引

配線スッキリ。

同軸ケーブルがマルチになった。
カナレ同軸マルチケーブル。

特性インピーダンス:75Ω

画像情報機器の進歩に伴って、従来1本の同軸ケーブルで伝送していたものが、最近では3～5本で伝送するようになりました。その結果、機器周辺はケーブルがいっぱい…。
そこでカナレでは同軸マルチケーブルを開発。機器周辺の配線をスッキリとさせます。
各回線はカラー同軸ユニットですから、RGB信号等を容易に識別でき、確実で手早い接続が可能です。さらに、リターン・ロスは1GHzまで25dB以上と高性能、減衰量は3C-2VSと同等、CG機器、デジタル放送機器、ビデオプロジェクター等にご利用いただけます。

※コネクタ付ケーブルの製作も承ります。下記までお問い合わせください。

仕様

V3-3C	V4-3C	V5-3C
赤・青・緑	白・赤・緑・青	緑・白・赤・黄・青
(3C-2VS相当3本)	(3C-2VS相当4本)	(3C-2VS相当5本)

トータル高周波エンジニアリングをめざす。

設計 ▶ 製造 ▶ ハーネス加工

"コネクタに最適なケーブルを。
ケーブルに最適なコネクタを。"
設計から製造、ハーネス加工まで
カナレならお応えできます。

カナレ電気株式会社
●東京本社/☎03(635)8241㈹ 〒130 東京都墨田区両国4丁目37-2 TKF会館4F
●大阪営業所/☎06(229)8021㈹ 〒541 大阪市東区伏見町2丁目19-2 Jビル4F
●福岡出張所/☎092(524)6951 〒810 福岡市中央区平尾5丁目3-17
●名古屋本社/☎05616(2)5446㈹ 〒480-11 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字段之上1-2

PIXEL別冊号NO.7　昨年に続く，第二弾！

CAD/CAM、CG年鑑89

NEW

購読申込み受付中！

89年度版　11月発売予定

CAD/CAM/CAE，コンピュータ・グラフィックス（CG），画像処理の最新記事，製品動向，メーカー一覧，役に立つ各種の資料をこの1冊に集成しました。これ1冊で技術，応用，製品の最新動向がわかります。

［本書の特長］

- CAD/CAM, CAE, コンピュータ・グラフィックス，画像処理の分野全体にわたり，最新の動向が把握できるように編集されています。
- 営業から技術，企画まで企業のいろいろなセクションの人に，また研究や教育関係の人にも必要な内容になっています。
- 製品関係の記事およびメーカー・ベンダーの一覧により，製品バイヤーズガイドとしても役に立ちます。
- 資料編集は電話帳代わりにもなりますので，座右の書として便利です。

記事編

CAD/CAM/CAE，画像処理とその分野で使用されるシステム，機器，ソフトウエアなど最新の製品動向の解説とそれらの製品名を掲載します。

- 展博映像におけるコンピュータ・グラフィックス
- 専門学校におけるCG教育カリキュラム
- 安全性検証のためのシミュレーション
- 印刷における画像処理
- 動画像処理の最新動向
- 3次元メディカルにおける画像技術応用
- 図面自動読取りの最新技術動向
- 地理情報処理の最新動向
- 最新の分子設計と薬物設計
- 最新のテクニカル・イラストレーション
- デジタル・フォントの最新動向
- 人体モデルの動向
- 機械設計におけるデータ交換
- 金型のCAEの最新動向
- 機械設計における最新のプリ・ポスト動向
- 3次元アパレルCADの最新動向
- インテリジェントCADの機械設計への応用
- 建築におけるCADとプレゼンテーション
- 自動車デザインにおけるCG
- グラフィック・デザインにおけるCG応用
- 放送におけるコンピュータ・グラフィックス
- 景観設計におけるコンピュータ・グラフィックス応用動向
- 最新のサイエンティフィック・ビジュアライゼーション
- パッケージ・デザインにおけるコンピュータ・グラフィックス

製品編

CAD/CAM/CAE, CG，画像処理についての最新技術および活用方法の解説，分野ごとの技術動向，使い方など第一線の専門家がわかり易く解説します。

- ペイント
- CG用フレーム・バッファ
- パーソナルCG
- 画像処理
- パソコン画像処理
- 印刷用画像処理
- デスクトップ・パブリッシング
- 地図情報処理
- 分子設計
- カラー・ハードコピー
- 機械用CAD CAM
- 機械用CAE
- 建築用CAD
- PCB用CAD CAM
- LSI用CAD CAM
- シリコン・コンパイラ
- アパレル・テキスタイル用CAD
- パーソナルCAD
- レンダリング・アニメーション
- ワークステーション
- 32ビット・パーソナルコンピュータ
- グラフィック・アクセラレータ
- グラフィック・ディスプレイ
- デジタイザ ダブレット
- 図面自動読取りシステム
- スキャナ
- ペン・プロッタ
- 静電プロッタ

資料編

CAD/CAM/CAE, CG，画像処理の分野について，問合せをしたい，どこに依頼すれば良いのか——の時などすぐに役に立つ資料ばかりを集めました。

- CGプロダクション一覧
- 学校一覧
- イベント・CG展などの一覧
- 関連団体一覧

メーカー・ベンダー編

メーカーやベンダーの社名，住所，扱い製品名とその内容などを掲載します。製品購入や問合せの際に役に立ちます。

サイズ◉A4判
ページ◉220ページ
定価◉2,800円

※購読のお申込みは巻末のはがきをご利用ください。

編集・発行◉図形処理情報センター　☎03(293)6161　Fax03(293)6164
〒101 東京都千代田区神田神保町1-64神保町協和ビル

コンピュータによる設計・生産技術の理解　PIXEL 別冊 No.5

CAD/CAM/CAEの基礎

CAD/CAM/CAEの入門書・教科書として最適!

CAD/CAM/CAE の基礎的な知識は
この本1冊で十分です。

これまでCAD/CAM のテキストとしてご好評をいただいた『CAD/CAMキーワード』の全面改訂版です。CAE 技術をはじめ，設計・生産技術に関する多くの項目を追加しました。

37名の専門家が，それぞれの専門分野を
分担して解説しています。

広範囲にわたるCAD/CAM/CAE分野を36項目に分け，権威ある専門家に執筆を依頼しました。この分野の全てをカバーしています。

第1章 CAD/CAM/CAE の基礎技術
CAD/CAM/CAE 概論　CAD 概論　CAM 概論など

第2章 CAD/CAM/CAE の個別技術
統合化された設計と生産　CIM　FA, FMS
ロボット　数値制御 (NC) など

第3章 形状モデリングとコンピュータ・グラフィックス
形状モデリング　図形表示のための変換
コンピュータ・グラフィックス　レンダリング技術など

第4章 CAD/CAM/CAE システム
CAD/CAM システムのさまざまな形態
コンピュータ・システム
パーソナルコンピュータによるCAD/CAMなど

定価○2,800円(送料無料)

A 4変形判○264 ページ

CAD/CAMアルファ シリーズ

CAD/CAMアルファ・シリーズは，CAD/CAM/CAEの基礎技術，最新の話題，運用のノウハウなどについて，いま最も必要としている記事を満載しています。
　各号は大きなテーマごとに編集され，初心者から経験者まで，ユーザーからシステム開発者まで，どの層の方にもお読みいただけます。

A4 変型判／定価各号 1,500 円　送料当社負担

No. 1 大特集　どうなる，これからの CAD/CAM と CAE!
最近のパーソナル CAD と
　エンジニアリング・ワークステーション
エンジニアリング・ワークステーション
　とソフトウエア
パーソナル CAD と分散処理
画像処理の製造業への応用

一般
やさしい CAD/CAM 入門の入門
わが国における CAD/CAM 導入の現状
CAD/CAM システムの研究

No. 2 大特集　いま最も注目されているパソコン CAD の実力と使い方

ユーザー事例
ミサワ CAD システム (建築)
岡村製作所 (機械設計)
リコー (LSI 設計)
大信工業，重野製作所 (金型)
プラスチック金型設計

新領域に臨むパソコン CAD
ハンドヘルド CAD
パソコンに接続する小型モデリング・マシン

シリーズ・アプリケーション　キャノン　東芝　日立　ブリヂストン

編集○発行　図形処理情報センター　〒101 東京都千代田区神田神保町 1-64 神保町協和ビル
お申込みは巻末の葉書をご利用下さい。
☎03 (293) 6161 (代)　FAX : 03 (293) 6164

PIXEL 取扱い主要書店一覧

都道府県	市区	書店
北海道	札幌市	丸善南一条店
		紀伊国屋書店
青　森	弘前市	紀伊国屋書店
秋　田	秋田市	三浦書店
岩　手	盛岡市	東山堂ブックセンター
宮　城	仙台市	丸善一番町店
		金港堂ブックセンター
福　島	福島市	岩瀬書店コルニエツタヤ店
	郡山市	東北書店
栃　木	宇都宮市	落合書店オリオン店
群　馬	前橋市	煥乎堂
茨　城	水戸市	川又書店駅前店
	日立市	田所書店
埼　玉	浦和市	須原屋書店
千　葉	千葉市	セントラルプラザ多田屋
	柏市	新星堂
	船橋市	津田沼芳林堂
東　京	中央区	八重州ブックセンター
		丸善
	千代田区	書泉グランデ
		三省堂神田本店
	豊島区	芳林堂
	新宿区	紀伊国屋書店
	渋谷区	大盛堂
神奈川	横浜市	有隣堂イセザキ店
		有隣堂トーヨー店
		有隣堂東口ルミネ店
	川崎市	文教堂書店ブックセンター
	厚木市	有隣堂
山　梨	甲府市	朗月堂
静　岡	静岡市	谷島屋
	浜松市	谷島屋
愛　知	名古屋市中区	丸善
	名古屋市中村区	星野書店近鉄店
	豊田市	原田屋
	豊橋市	精文館書店
岐　阜	岐阜市	自由書房
三　重	津市	別所書店
	四日市市	文化センター白楊
新　潟	新潟市	紀伊国屋書店
富　山	富山市	瀬川書店
石　川	金沢市	うつのみや片町店
福　井	福井市	勝木書店
長　野	長野市	平安堂書店
滋　賀	大津市	リブロ西武ブックセンター
京　都	中京区	丸善河原町店
		京都駸々堂京宝店
	南区	アバンティ・ブックセンター
奈　良	奈良市	南都書林
和歌山	和歌山市	宮井平安堂
大　阪	南区	旭屋ナンバ店
		駸々堂心斎橋店
	北区	旭屋本店
		紀伊国屋書店
	都島区	駸々堂京橋店
	阿倍野区	旭屋アベノ店
兵　庫	神戸市	ジュンク堂書店センター街店
岡　山	岡山市	丸善岡山表町店
		紀伊国屋書店本通店
広　島	広島市	丸善書店
		紀伊国屋書店広島店
鳥　取	鳥取市	富士書店
島　根	松江市	松江今井書店
山　口	宇部市	末広書店
香　川	高松市	宮脇書店
徳　島	徳島市	小山助学館
愛　媛	松山市	紀伊国屋書店
高　知	高知市	金高堂
福　岡	中央区	紀伊国屋書店
		金文堂本店
	北九州市	ナガリ書店
		八幡井筒屋ブックセンター
	小倉市	明屋書店
佐　賀	佐賀市	金華堂
長　崎	長崎市	好文堂
大　分	大分市	本町晃星堂書店
		晃星三省堂
熊　本	熊本市	紀伊国屋書店
宮　崎	宮崎市	中央田中書店
鹿児島	鹿児島市	春苑堂書店
沖　縄	那覇市	文教図書

第1回 PIXEL CGグランプリ 作品募集

速報

図形処理情報センターではコンピュータ・グラフィックス映像におけるデザイン，技術の水準を向上させ，その限りない映像表現力を追求するとともに，アートやプレゼンテーション，デザイン，ビジュアル・シミュレーションなどの分野に大きな刺激を与えることを目的に，第1回 PIXEL CG グランプリを行います。
第1回 PIXEL CG グランプリはコンピュータ・グラフィックスおよび画像処理による静止画の作品を対象として，応募作品の中からグランプリ作品および優秀作品を PIXEL 誌上において掲載し，その栄誉を讃えます。
プロ，アマおよびコンピュータの機種を問わず，どなたでも応募できますので，コンピュータ・グラフィックスによる作品制作を進めている多くの方の応募を求めます。
コンピュータ・グラフィックスに新風を吹き込むような意欲的な作品を期待します。

応募要項

**コンピュータ・グラフィックスおよび画像処理を使用したアート，プレゼンテーション，デザイン，ビジュアル・シミュレーションなどの分野における静止画作品で，未発表のものに限ります。
作品はデザイン，技術，アイデア，新規性などの点から審査し，グランプリ作品および優秀作品を選定し，PIXEL誌上で掲載，表彰します。**

締切り●昭和64年1月20日(PIXEL CG グランプリ事務局)必着

入賞作品●(入賞作品には賞状と賞金が授与されます)
グランプリ賞◘応募作品の中から特に優れた作品をグランプリ作品として表彰します。
優秀賞◘デザイン，技術，アイデアなどの点で優秀または新規性があり，作品としての完成度の高い作品を優秀作品として表彰します。

入賞作品の発表●グランプリ作品および優秀作品は PIXEL 89 年 4 月号にて発表，表彰いたします。

応募規定●
- コンピュータ・グラフィックスおよび画像処理を使用した作品で，アート，プレゼンテーション，デザイン，ビジュアル・シミュレーションなどの分野において映像表現力を追求した静止画を対象とします。
- 未発表の作品に限ります。
- 作品の全部または一部にコンピュータを使用していることが必要です。
- 一人何点でも応募できますが，一点一点独立したテーマのものに限ります。
- 類似する絵柄は応募者で選択の上，一点に絞って応募下さい。
- プロ・アマおよび職業，国籍を問わず，どなたでも応募できます。
- 作品制作に使用するハードウェア，ソフトウェアの機種は問いません。どのようなシステムを使用して制作した作品でもかまいません。
- 作品はモノクローム（白黒など），カラーどちらでも結構です。
- 作品としての完成度が必要です（絵柄が途中から切れているもの，ブラウン管の縁が写っているものなどは審査の対象からはずされることがあります）。
- 個人での応募のほか，グループでの応募もできます。

応募される作品の形態●カラーポジフィルム(インスタント・カラーポジフィルムは印刷に適しませんので，応募できません)
- 白黒の場合はキャビネ判〜四切サイズのプリント
- グラフィック・プリンタなどによる出力原図（最大A3サイズまで）

応募方法●
- 応募作品ごとに別紙のエントリー・シートをつけて応募して下さい。
- 作品は必ず保護して書留，速達，宅配などで送付ください。
(送付過程での破損等については責任をもちかねますので梱包には注意してお送りください)

※応募いただいた作品は原則としてお返しいたしません。

主催●図形処理情報センター

共催，協賛●交渉中です。

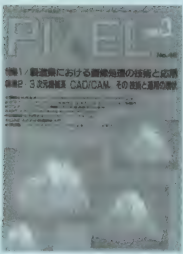
お問合わせ・作品送付先●図形処理情報センター　PIXEL CG グランプリ事務局
〒101 東京都千代田区神田神保町1-64 神保町協和ビル6F
☎03(293)6161　FAX 03(293)6164

バックナンバー

86年1月号(No.40)

特集1：これからのCAD/CAM，CG，イメージ処理技術—オクト・トリーによる3次元形状モデリング■スケッチ画を利用した多面体形状の柔軟な入力法■スキャンライン単位の隠面消去に適したアンチ・エイリアシング■リスト処理によるAI指向のCG,CAD ■3次元モデルを利用した木目模様の表示技法ほか■特集2：ユーザーの考えるこれからのCAD/CAM，CAE■ハードコピー装置の原理と構造—熱転写方式とインクジェット方式■製造自動化のための通信手順MAP■人工知能とCAD/CAM■新しい形状記述と図形・画像処理■パソコンによる画像処理とそのプログラミング■ほか

86年2月号(No.41)

特集1：企業と大学におけるCAD/CAM教育の進め方■特集2：CAD/CAM，CAEにとっての構造解析2■レイ・トレーシング研究の現状と将来■JCGL新システムと「みなとみらい21」■ソリッド・モデリングを用いた鋳造品の凝固シミュレーション・システム■金型加工における3軸ミリング用NCパッケージ■CAEのための数値解析入門■製造自動化のための通信手順：MAP■類似性に着目した図形認識■イメージで理解する人工知能入門■パソコンによる画像処理とそのプログラミング■CAD/CAMの知識工学的アプローチ■CAD/CAMと人工知能■新しい形状記述と図形・画像処理■ほか

86年3月号(No.42)

特集1：製造業における画像処理の技術と応用□画像処理技術実用化の現状と問題点□視覚技術□視覚知能ロボット□画像処理技術事例ほか■特集2：3次元機械系CAD/CAM，その技術と適用の現状■画像生成用高速コンピュータMCのアーキテクチャとアプリケーション■新しく生まれ変わったMITのメディア・ラボラトリ■アンチ・エイリアシング問題とその光線追跡法への応用■パーソナルコンピュータによるソリッド・モデラー■グラフィック・ディスプレイを自作し3次元CGアニメーションを制作する■CAEのための数値解析入門■イメージで理解する人工知能入門■ほか

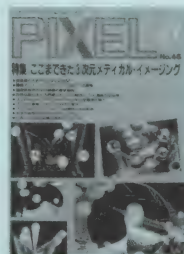
86年4月号(No.43)

特集：CG，CAD/CAM用機器の現状と動向——その構造と使い方□エンジニアリング・ワークステーション□グラフィック・ディスプレイ装置□ポインティング・デバイスの最新動向□静動プロッタ装置の最新動向■パソコンによる3次元フラクタル・モデル■コンピュータの作り出すフラクタル構造■立体ビデオディスク・システム■CGの現状と動向■イギリスとマッピング■GKS入門用インタプリタ■BASICとLOGOの機能をいかしたグラフィック言語ALPHA■3次元トータル・グラフィックスを可能にした3D—LOGO■フルカラー3次元CGシステム■ほか

86年5月号(No.44)

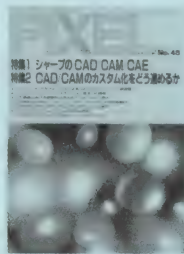
特集：海外の最新グラフィックスとCAD/CAMシステム・機器(3)■メカトロニクスの解析におけるソリッド・モデルの効用■自動車のCAD/CAMとソリッド・モデリング■モンテカルロ・イメージ・フォーラム'86■AIマシンSymbolics 3600ファミリーによるコンピュータ・グラフィックス■CATIS/DRAWにおけるカスタム化のためのツール■セル構造化幾何モデル(CCM)に基づくCAD/CAMコミュニケーション■GRADE/MMS——機械運動機構，軌跡シミュレーション・システム■ハイコスト・パフォーマンスEWS「VERNET」シリーズの概要■浮動小数点演算VLSIによる高速3次元グラフィックス■ほか

86年6月号(No.45)

特集：CAD/CAMシステムのいろいろとその選び方，構築法□自社に合ったCAD/CAMシステム選択のポイント□小規模ながらも総合効果をねらうシステム運用□パソコンCADによるエレベータ自動設計システム□パソコンCAD/CAMの可能性についてほか■有限要素解析のカラー・グラフィック・システムATLAS■一般産業機械におけるCAD/CAM■ボトルの形状設計とBDAS■航空機内装品の設計，生産におけるコンピュータ利用の現状と将来■パーソナルコンピュータ上のポータブル・ソリッド・モデル■パーソナルCAEシステムIRISの構成と現状■小型ボートの初期基本計画時におけるコンピュータ利用例■ほか

86年7月号(No.46)

特集：画像診断学における3次元画像表示法の意義□左心室の3次元立体構成□コンピュータ・グラフィックスを用いた放射線治療計画□パーソナルコンピュータを利用した前立腺肥大症の診断と治療□パーソナルコンピュータによる3次元画像の再構築■ビデオ・スクリプティングによるユーザー・インタフェース■簡易アンチ・エイリアシングANTの実際■画像処理用入出力機器の最新動向■自然な動作をする映像ロボットの制作とテレビ番組への応用■コンピュータ・グラフィックスにおける感性の挿入■コンピュータ・マッピングの現状とその利用■3次元金型CAD/CAMシステム■ほか

86年8月号(No.47)

特集1：CAD/CAMのカスタム化をどう進めるか—その1■特集2：ここまできた3次元メディカル・イメージング②■自然の画像生成—前期■デザイナーから見たインダストリアル・デザインにおけるCAD■Zバッファとレイ・トレーシングの複合■VISULA■マルチコンピュータ・マルチスクリーンによる新方式のワークステーション■統合化エンジニアリング・ツールとしてのソリッド・モデラー PATRAN■市場に即応する生産システムを目指して第1回-FMSの現状■FSG-4000 VIDEO GRAPHIC SYSTEM■経営者のためのCAD/CAM②■ラスター・グラフィックスのソフトウエア⑱■ほか

86年9月号(No.48)

特集1：シャープのCAD/CAM/CAE□シャープCAD/CAMの開発の背景□3次元CAD/CAMシステムKernel—3D□機械設計用CAEシステム□LSI設計用CADシステム□プリント基板設計用CADシステム□特集2：CAD/CAMのカスタム化をどう進めるか—その2■階層化CAD/CAMシステムの開発経緯とEWSの利用について■シリコン・コンパイレーションとその技術動向■エンジニアリング・ワークステーション普及への提言■パーティカル：レイ・トレーシングによる粒状性物体の表現方法■Computer Graphics'86(NCGA)所感報告書■ほか

86年10月号(No.49)

特集：デザインのためのコンピュータ・グラフィックスとは？□CG・アートメモランダム□美術部におけるコンピュータ・グラフィックス制作の現状□なぜデザインCADシステムが必要なのか□"コンピュータ・グラフィックス"アート論□CGIH□電子メディアとコンピュータ・グラフィックス——CD—ROMの登場とパソコンCG□広告界でコンピュータ・グラフィックスとは□パーソナル・ワークステーションへの道□コンピュータ・グラフィックスとコミュニケーション・モード□ビデオ作品におけるコンピュータ・グラフィックスの利用と可能性■ほか

86年11月号(No.50)

特集1：PIXEL創刊50号——これからの新しいCAD/CAMとCGを見通す関連テクノロジ(前)　次世代CAE技術の展望□BTRONにおける情報管理モデルの図形表現方法　FA用ローカルエリア・ネットワーク技術の現状と将来□CADAMシステムの現状と動向□計算機図学教育の現状と将来　RISCアーキテクチャとその特徴□図形・画像処理の現状と今後の課題——形状処理の未来像を求めて□ほか■特集3：新しいCGのあり方を目指すLINKSのすべて■特集4：SIGGRAPH'86——米国コンピュータ・グラフィックスの最近動向(Ⅰ)□SIGGRAPH'86の概要■ほか

86年12月号(No.51)

特集1：これからの新しいCAD/CAMとCGを見通す関連テクノロジ(後)□CAD/CAMシステム間のデータ交換国際標準化の動向□CAMの現状と今後の展開□ユーザー・インタフェースとその管理システムと標準化□ユーザーからみたCAD/CAMの標準化□機械のCADにおけるモデリング技術の新展開とHIMADES-1□ラスター・グラフィックス・ハードウエアの現状と将来□CADのEWS化に伴う諸問題□画像処理技術の基礎□製造業における画像処理への期待□これからのパソコン■特集3：CAD/CAMのカスタム化をどう進めるか(ユーザー編)■地場中小企業におけるCAD—カスタム化の基本理念とその展開■ほか

バックナンバー

87年1月号(No.52)

大型企画：コンピュータ・グラフィックス小史(前編)■特集1 CAD/CAM, CGのベンチャー企業□座談会-CAD/CAM, CGの分野では高度専門技術を持った少人数精鋭企業の果たす役割がますます大きくなってくる□インタビュー―娯楽分野の映画制作からCG関連全体にビジネスを拡大したい□CGの専門学校として新しい教育のあり方を探っていきたい□本当に使って役に立つCAD/CAMとは何かを常に考えている■大型企画：パーソナル・ソリッド・モデリング「マドレール」の機能と使い方■特集2：SIGGRAPH'86の注目論文抄訳□自然現象の表示□レンダリングの高速化技法□光源モデル■ほか

87年2月号(No.53)

特集1：パーソナルコンピュータによる新しいアイデアのCG■パーソナルコンピュータとRAMボードによるリアルタイム・アニメーション■パーソナルコンピュータと8㎜カメラによるCGアニメーションの制作■パーソナルコンピュータによるレイ・トレーシングの特殊表現■パーソナルコンピュータによる人体モデルの生成とその応用□特集2：ワークステーションで利用できるCAD/CAM, CAEシステムとソフトウエア□企画：プロのCG映像ができるまで□一般：SIGGRAPH'86の注目論文抄訳■CAEによる建築設備設計システム-APEC照明計画編■ほか

87年3月号(No.54)

特集1：期待される地図情報処理①――最新システムとその使い方(前)□道路，上水道，下水道，資産税を中心とした総合的な都市情報システム□解析機能に優れた地理情報システムARC/INFO□総合データベースを実現するコンピュータ・マッピングIIS-MAP□都市情報システムの構築に新しい概念でこたえるINS-SPACER□富士地図情報処理システムFAMOS□自由度の高いマッピング・ツールINFORMAPII□INTERGRAPHシステム■特集2：CAD/CAM,CGのベンチャー企業(後)海外ベンチャー企業の現状■コンピュータ・グラフィック小史■カラー企画：CG年賀状■ワークステーションで利用できるCAD/CAM, CAEシステムとソフトウェア(後)■ほか

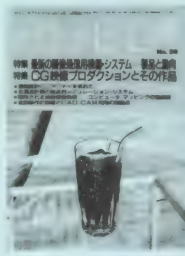
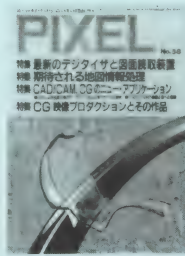
87年4月号(No.55)

特集1：CG映像プロダクションとその作品①□トーヨーリンクスのCGプロダクションとその実際□CG映像の多様化を目指すGCGC□映像制作におけるCGテクニックのクロスオーバーはますます進む□コンピュータ・アニメーション・システムANTICS■特集2：期待される地図情報処理②――最新システムとその使い方(後)■EWSベース統合マッピング・システムCADD station■多様化するマッピングニーズにこたえ体系化を図った日立地図情報システム■地域情報・施設情報を総合的に管理する■ラスター・イメージ・パソコン・システムGRIS■総合建設コンサルタントにおけるコンピュータ・マッピングOHBA GIS■ほか

87年5月号(No.56)

特集1：CAD/CAM, CGのニュー・アプリケーション□設計者が簡単に使えるFEM解析システムCAD-FEM連動システム□アプリコンBRAVO!による山留・桟橋設計システム□EWS支援ツールとしてのパーソナルコンピュータ□GCADシステムによる自動設計の試みと外部インタフェース■特集2：期待される地理情報処理③――最新システムとその使い方■コンピュータ・マッピングの最前線■土地管理から計画策定支援まで地理情報システムWING■都市情報システムの構築を支援する自治体地図システムARISTOWN■エリア・マーケティングのためのコンピュータ・マッピング・システムKITE■地図データベース構築における図面自動処理システムの動向■ほか

87年6月号(No.57)

シリーズ企画：ユーザーのためのCAD/CAM, CG, 画像処理用機器・システム②〔グラフィック・ディスプレイ〕□グラフで見る最新グラフィック・ディスプレイ調査結果□グラフィック・ディスプレイの最新動向□グラフィック・ディスプレイ製品ガイド■特集：期待される地図情報処理④□コンピュータ・マッピングの最前線②□なぜ森林にコンピュータ・マッピングか―森林管理データマップシステムRobin Hood□地理情報解析システムGEO log■シリーズ：CAD/CAM, CGのニュー・アプリケーション□IGESを利用した電子カタログサービス□パッケージ設計支援システム■ほか

87年7月号(No.58)

特集：期待される地図情報処理⑤□コンピュータ・マッピングの最前線③□神奈川県における都市情報システム□LAMS誕生の背景について□明電地図情報利用システムEMAP■シリーズ企画：ユーザーのためのCAD/CAM, CG, 画像処理用機器・システム③〔デジタイザと図形読取装置〕□2次元マニュアル・デジタイザの位置付けと原理概説□図面認識技術とオートデジタイザ□最新のデジタイザ製品ガイド■シリーズ：CAD/CAM, CGのニュー・アプリケーション□CGによる伝統文様データベース化と工芸デザインの開発□CAD/CAMの関連企業への展開■CGプロダクションとその作品③■ほか

87年8月号(No.59)

シリーズ特集：CG映像プロダクションとその作品⑤20社■シリーズ企画：ユーザーのためのCAD/CAM, CG, 画像処理用機器・システム④〔画像処理用機器・システム〕□Dr. SPIDERのワンポイント・アドバイス□最新の画像処理用機器・システム□画像処理用機器製品ガイド■シリーズ：CAD/CAM, CGのニュー・アプリケーション□建築設計にリアリティを求めて□交通流計画の総合的シミュレーション・システムTRAFFIC PLAN■大型企画：コンピュータ・グラフィックス小史(後編)■シリーズ：金型専業メーカーにおける実践的CAD/CAM活用事例I□金型製作の課題とCAD/CAM利用の問題点■シリーズ企画：期待される地図情報処理■ほか

87年9月号(No.60)

シリーズ企画：ユーザーのためのCAD/CAM, CG, 画像処理機器・システム⑤〔ハードコピー機器・装置〕□最新のCAD/CAM用プロッタ□静電プロッタ概論□サーマル・プリンタ/プロッタの概論□最近のカラーインクジェット・プリンタの動向□デジタル方式フィルムレコーダ概論□最新のハードコピー機器・装置□ハードコピー機器・装置製品ガイド■シリーズ特集：CG映像プロダクションとその作品⑥放送局におけるCG画像(前)□NHK□日本テレビ□読売テレビ□フジテレビ■CG：ユタ大学で開発された新モデリング・システム alpha-1■ほか

87年10月号(No.61)

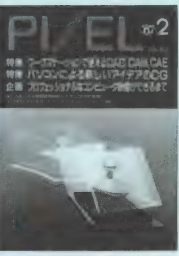
SIGGRAPH'87報告：スーパーコンピュータ級のグラフィック・エンジンとストーリーをもったCGアニメーション□Pixarを中心に全体がレベルアップ―「オムニバス以後」初のSIGGRAPH'87フィルム&ビデオ・ショー・レポート■シリーズ特集：CG映像プロダクションとその作品⑦放送局におけるCG映像(後)□TBS□朝日放送□テレビ朝日□毎日放送■シリーズ企画：ユーザーのためのCAD/CAM, CG, 画像処理用機器・システム⑥CG用ハードウエアとソフトウエア□最新のPCグラフィックス・システムとその選び方□アーチストのための3次元CGテクニック一覧□3次元CGアニメーションの制作過程とシステム■ほか

87年11月号(No.62)

特集：最新グラフィック・エンジンとレンダリング・システム□SIGGRAPH '87ハイライト■シリーズ企画：ユーザーのためのCAD/CAM, CG, 画像処理用機器・システム⑦〔専用ボード, LSI, スキャナとカメラ〕□CG専用ボード, 専用LSI概論□RGS色分解とカラースキャナ□固体撮像カメラの最新動向□ボード, LSI, スキャナ, 固体撮像カメラの製品ガイド■企画：ドライビング・シミュレータ□インタビュー　レジナルド・ウェルズ氏□高忠実度ドライビング・シミュレータ■シリーズ：CAD/CAM, CGのニュー・アプリケーション□先染織物シミュレーション・システムTEX-SIM■ほか

87年12月号(No.63)

特集：NICOGRAPH'87ハイライト―最新製品と注目論文□複合幾何モデラーの開発□メカトロニクス製品開発におけるCAD/CAEの適用について□等密度テクスチャ・マッピング□ほか■企画：今，どんな製品が売れているか□汎用および機械系CAD/CAM/CAEとグラフィックス・ディスプレイ□ベンダー担当者に聞く■シリーズ：金型専業メーカーにおける実践的CAD/CAM活用事例V□精密ダイカスト金型におけるCAD/CAM/CATの活用と展開■企画：PIXEL記事一覧1987年1月～12月■国際映像ソフトフェア'87―CG部門受賞作品■最新のレンダリングとアニメ技法■ほか

バックナンバー

88年 1 月号(No.64)

特集：コンピュータ映像のいろいろ□フライト・シミュレータにおけるコンピュータ・グラフィックス□展示用特殊映像の種類と歴史□D・CAD□建築設計事務所における CG の利用□CG を利用した景観シミュレーション□高品位フォント概論□医療画像処理にみる CG の可能性□電波天文学における画像処理□リモートセンシングの動向□コンピュータ・グラフィックスによるロボット・シミュレーション□ほか■シリーズ企画□ユーザーのための CAD/CAM/CAE システム入門［第 1 回機械設計用 CAD/CAM システム（前編）］■ほか

88年 2 月号(No.65)

特集：日本の CAD/CAM, CG 研究□光と影──その表示法と問題点□商品企画におけるイメージファイリングシステムの利用□ブラックホールの CG □ CG のための樹木の手続き的形状定義法について□ほか■シリーズ企画：ユーザーのための CAD/CAM/CAE システム入門［第 2 回電子・電気回路設計用 CAD/CAM/CAE システム］□ASIC のいろいろとつくり方── ゲートアレイの開発設計手順──□最新の LSI-CAD 技術□ユーザーのためのプリント配線板設計入門□最近のプリント基板における CAD/CAM と CIM について■ほか

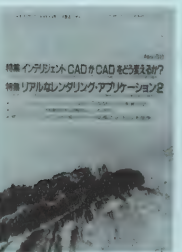
88年 3 月号(No.66)

特集：最新のレンダリング技術と CG 映像□CG 映像制作に使用されるさまざまな表現手法 ── マッピングを中心にして□トーヨーリンクスにおける CG 映像技術 ──アルゴリズムとその技術解説□最近のレンダリング・テクニックとアルゴリズム□拡張 Z バッファ・アルゴリズム■企画：コンピュータ・グラフィックスの原点 SKETCHPAD とその果たした役割□アイヴァン・サザランド博士とスケッチパッド・システム□ほか■シリーズ企画：ユーザーのための CAD／CAM／CAE システム入門［第 3 回機械設計用 CAE と構造解析■ほか

88年 4 月号(No.67)

特集：CAD/CAM, CG, 画像処理を支える日本の研究最前線(前)□CSG と B-Reps の二重構造ソリッド・モデルと図形処理□ユーザー・フレンドリなシミュレーション技法□Visual Computer における要素技術とその応用□CAD 研究のブレークスルーを求めて□論理ならびに実装設計の支援システムの研究□VLSI の CAD に関する理論的・実用的展開□東京工業大学像情報工学研究施設における画像処理の研究動向□ほか■シリーズ企画□ユーザーのための CAD/CAM/CAE システム入門［第 4 回建築用 CAD システム］■ほか

88年 5 月号(No.68)

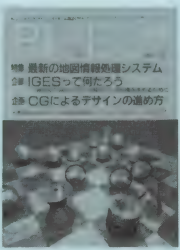
特集 1：リアルなレンダリング・アプリケーション(1)□インテリア・シミュレーションにおけるレンダリング応用□ショップデザインにおける CAD と CG の活用□デザイン業務におけるレンダリング・システムの応用■特集 2：CAD/CAM, CG, 画像処理を支える日本の研究最前線(後)□実体モデルとその応用□パーフェクト・ソリッド・モデルを求めて□形状モデルを利用した画像処理□知的 CAD へ向けて □ 東京大学生産技術研究所高木研究室における画像処理の研究□幾何拘束と幾何推論に基づく CAD/CAM システム■ほか

88年 6 月号(No.69)

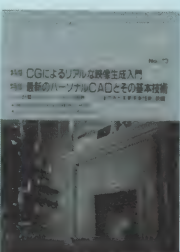
特集 1：インテリジェント CAD は現在の CAD をどう変えるか？ □［1 部］インテリジェント CAD の第 1 段階は概念設計に対する支援であり，この 5 年間のうちに大きな展開が期待される□［2 部］座談会□［3 部］AI-CAD における技法とその問題点■特集 2：リアルなレンダリング・アプリケーション(2)□自動車デザインにおけるレンダリング・システムの応用□油層シミュレーションにおけるレンダリング技術の応用□眼科臨床におけるレンダリング・システムの応用■新連載□C プログラミングを用いたレンダリング・ソフトの実践シリーズ(1)

88 年 7 月号(No.70)

特集 1：CG アニメーションのいろいろと作り方□1 インチ VTR によるアニメーションの作り方□アニメーション・テクニックの CG への応用□建築・都市のシミュレーション・アニメの作り方□アニメーションのための管面撮影入門■特集 2：図面の自動読取りと認識，理解□図面自動入力技術の基礎と動向□図面の自動読取り用イメージ・スキャナ□ワークステーションに適した新しい図面読取り技術■特集 3：誰にもできるパーソナル・グラフィックスのためのいろいろツール□パーソナル・グラフィックス入門■ほか

88年 8 月号(No.71)

特集：CG による自然物のリアルな表現□ランダム・フラクタルを用いた木目と大理石の表現技術□等濃度を用いた雲画像の生成技法□フラクタルによる山と岩石，鋳造物の微細形状表現□水滴衝突の際の流体解析のポスト処理グラフィックスとレンダリング■機械設計用 CAE と構造解析□メカニカル CAE（MCAE）とその動向□プリ／ポスト・プロセッサの最新技術動向□最新の運動・機構解析の技術動向■最新のワークステーション□最新のワークステーション□最新のエンジニアリング・ワークステーション製品ガイド□ほか

88年 9 月号(No.72)

特集：最新の地図情報処理システム□最新の地図情報処理システム／製品ガイド■IGES って何だろう──異なる CAD システム間のデータ交換を進めるために■コンピュータ・グラフィックスによるデザインの進め方□何を描くか，新たな表現手段 CG ■実用化に向かいつつある最新のレイ・トレーシング・ソフトウエア■パーソナル CAD データ交換のための中間ファイル PCES が 10 月を目途に製品化■製品モデルの交換仕様 STEP の動向─いつ IGES が不要になるのか？■コンピュータによる日本語文字の自動デザイン生成法■ほか

88年10月号(No.73)

特集 1：CG によるリアルな映像生成入門□スキャンライン・アルゴリズム□Z バッファ，A バッファのアルゴリズム□レイ・トレーシングを実現するための理論と方法□さまざまなマッピングのアルゴリズム□質感表現のアルゴリズム■特集 2：最新のパーソナル CAD とその基本技術□パーソナル CAD の現状と展望□導入□CAD と CG□ワークステーションによる 3 次元パーソナル CAD/など■SIGGRAPH'88 ── CG 実用化へのスタート■レイ・トレーシングをどう使うか？■CAD システムの新しい将来像「属性モデリング」とは何か■ほか

スーパーコンピュータやスーパーワークステーションなどによる大規模数値計算結果をビジュアル化（見えないものの可視化）することはいまや不可欠になり，米国ではコンピュータ・グラフィックスや画像処理の大きな利用分野になっている。

サイエンティフィック・ビジュアリゼーションを進めていくためには，ボリューム・レンダリングや3次元イメージ合成処理，ビジュアリゼーションのための専用ソフトウエア，リアルタイムの3次元アニメーション装置，高速な画像転送，パーソナル・ワークステーションなどのいろいろな技術やソフトウエア，機器が新たに必要になる。

米国のビジュアリゼーションを支えている人達の多くはSIGGRAPHの主要なメンバーであり，8月22日から25日まで東京で開催された「スーパーコンピューティングにおけるビジュアリゼーション」ワークショップのために，多くの専門家が来日した。これだけ多くのしかも一流の研究者やベンダーの専門技術者が一堂に会することは，今後もまずないものと思われるほどの貴重な4日間であった。

アルビー・レイ・スミス
Alvy Ray Smith
Pixar

リチャード・ボス
Richard Voss
IBM Thomas J.Watson Research Laboratory

トマス・ディファンティ
Thomas DeFanti
University of Illinois

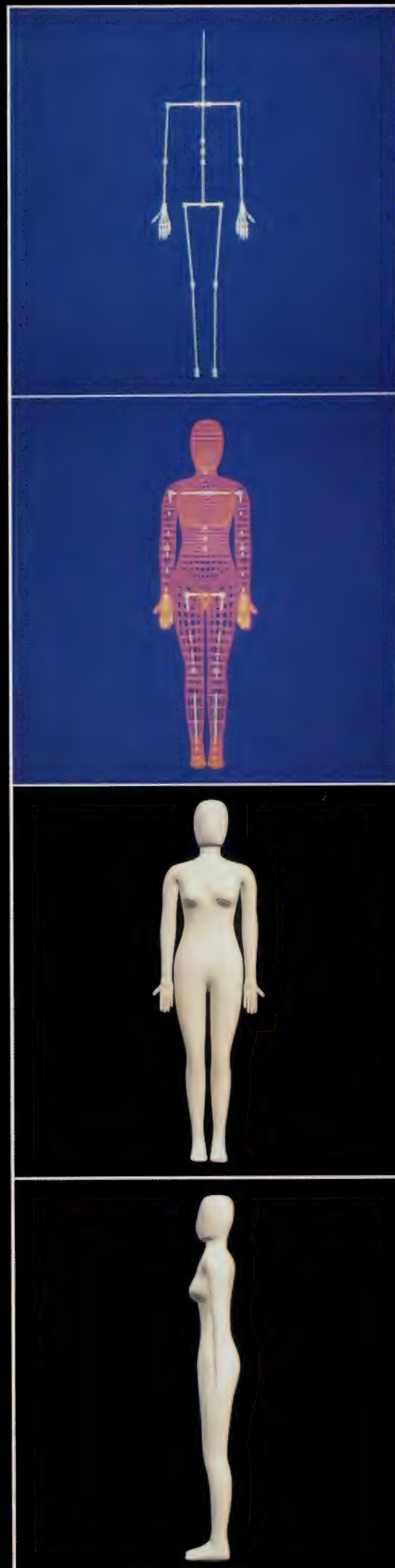
ブルース・マコーミック
Bruce McCormick
Texas A&M University

マキシン・ブラウン
Maxine Brown
University of Illinois

デビッド・ペンサック
David Pensak
E.I.Dupont de Nemours,Inc.

人体の曲面モデル・顔の曲面モデル

NHK 放送技術研究所　　小松 功児

人体の曲面モデルは，64 個の関節，51 個の骨からなる骨格のまわりに，328 枚の自由曲面を配置して表面の形状を表している。このモデルは，骨の長さや骨と皮膚の間隔などを変更することにより表面の形状の修正が容易におこなえ，いろいろな体型のモデルをデザインすることができる。そして，各関節における曲げ，ねじりの角度を与えると表面の形状を自動的に変形し，デザインしたモデルを動かすことができる。このとき，関節部分の自然な変形や筋肉のふくらみの表現を実現している。

顔の正面，側面から撮影した画像より，目の両端，口の両端などの 41 個の特徴点の位置を測定する。この特徴点を通過する曲面を生成し，若干の修正を加えて顔の形状とする。この形状に特徴点の測定に使用した正面，側面画像をマッピングするとリアルな顔画像を生成することができる。さらに、特徴点の位置を移動し，曲面を変形することで，自由に表情を変えることができる。このモデルにより，様々な人物の顔のアニメーションを簡単に制作することを可能とした。

流れのシミュレーション

宇宙科学研究所　　桑原 邦郎

流れのシミュレーションの具体例として，車および球のまわりの流れ，室内空調など 3 次元の流れを中心に考える。(本文 pp.145〜150)

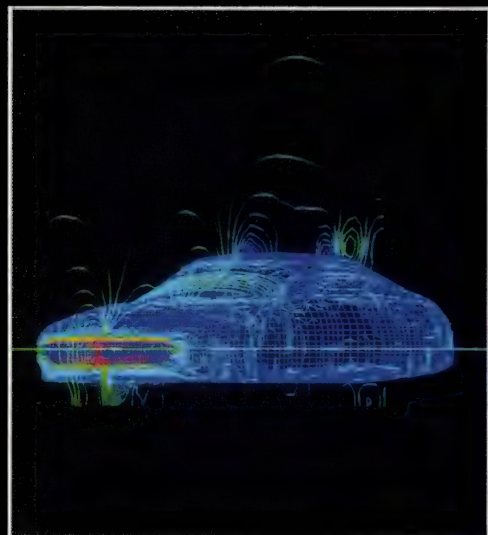



図 12(a)

図 4　車体表面と車体中心面の圧力分布

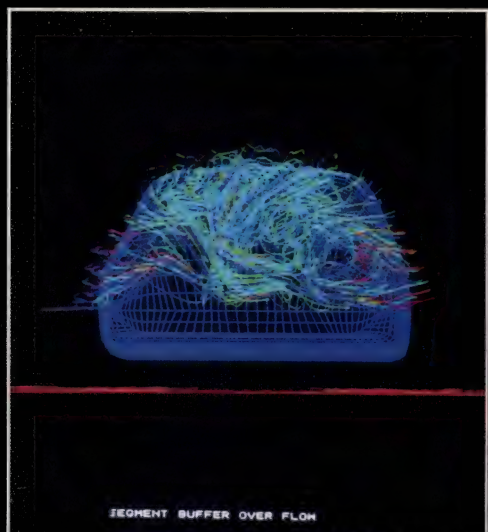



図 12(b)

図 12(c)

図 5　車体後方からみたパーティクル・パス

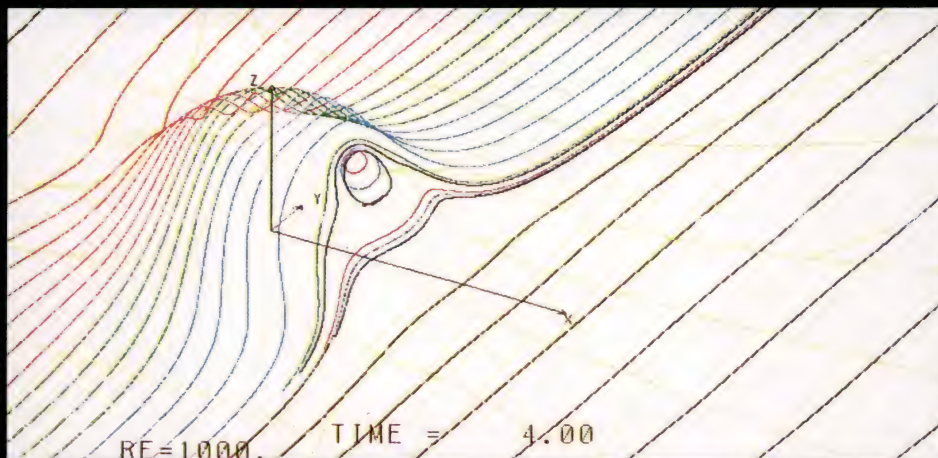
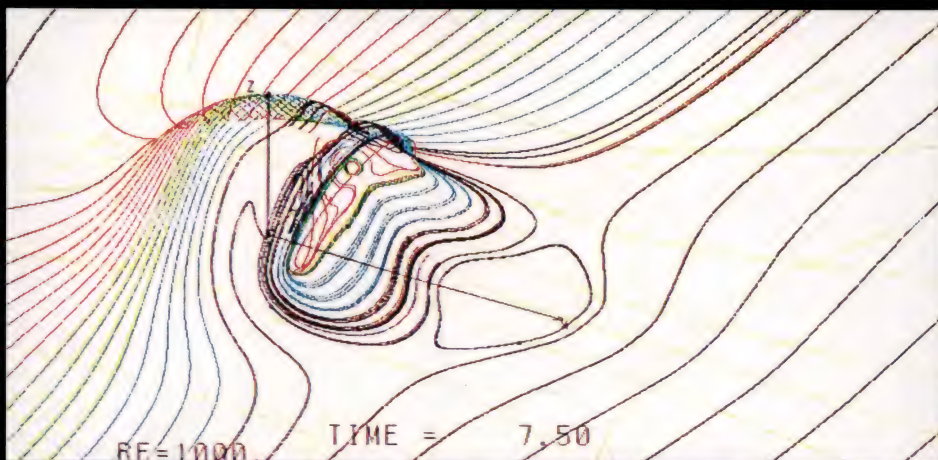
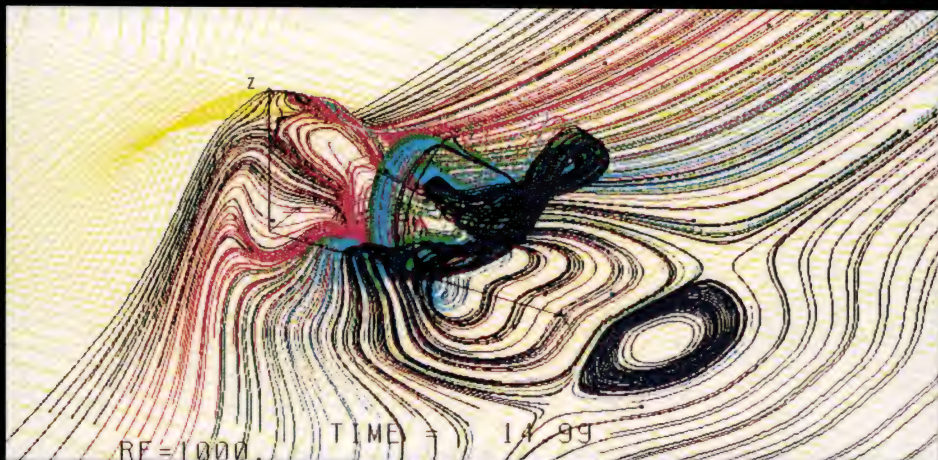



図 12(d)

図 12　渦度線の時間変化 Re=1000

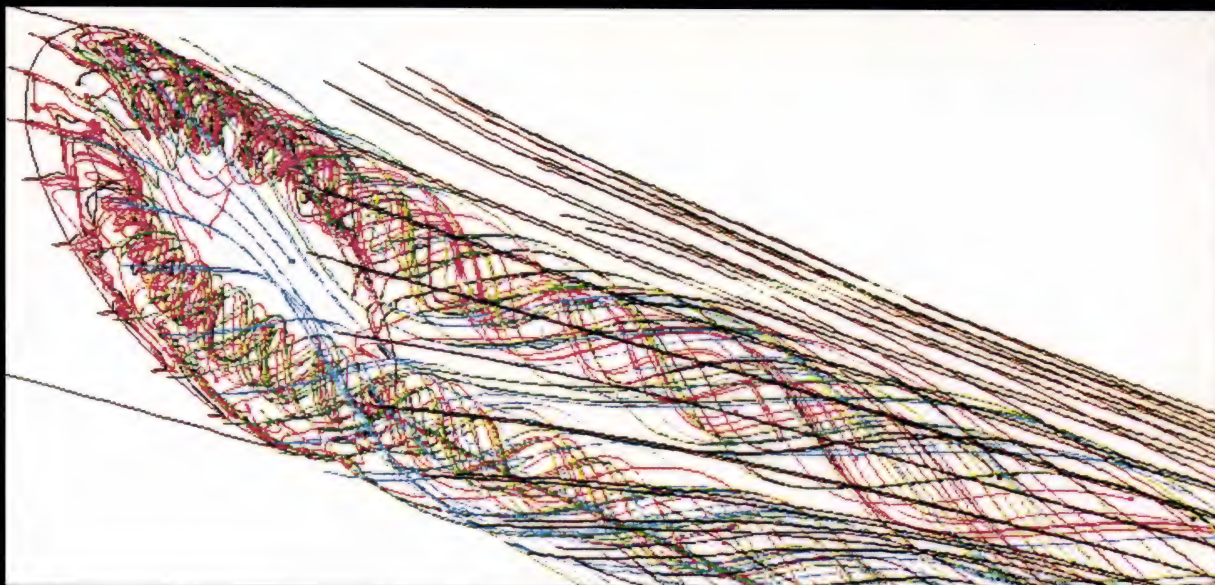



図 13(a)　$\alpha > 45^\circ$

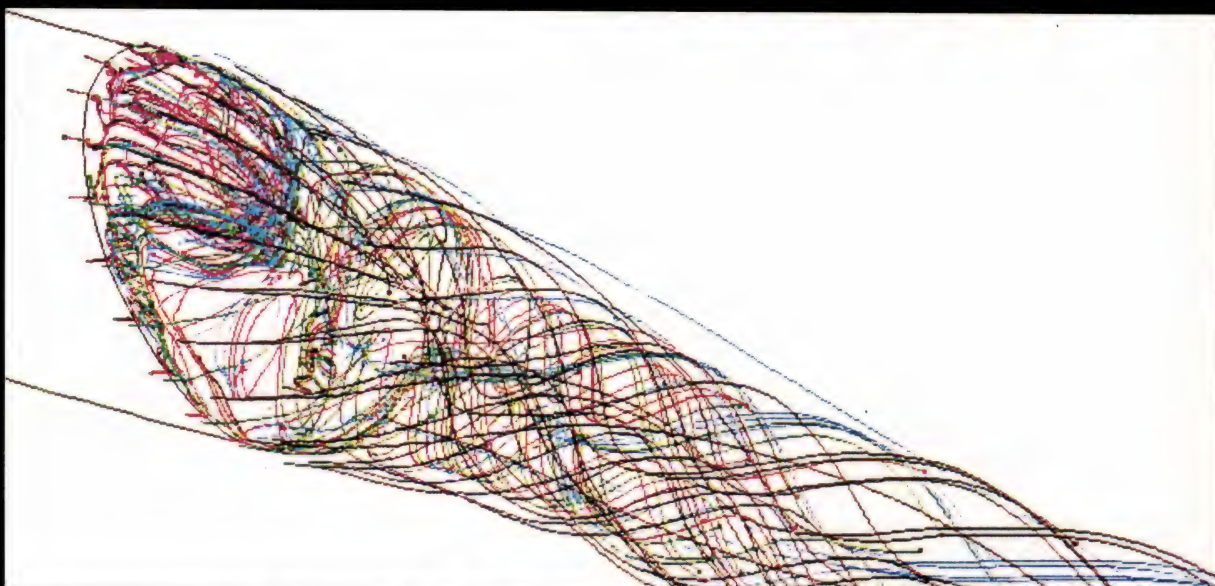



図 13(b)　$\alpha < 45^\circ$

図 13　切断面付近のパーティクル・パス

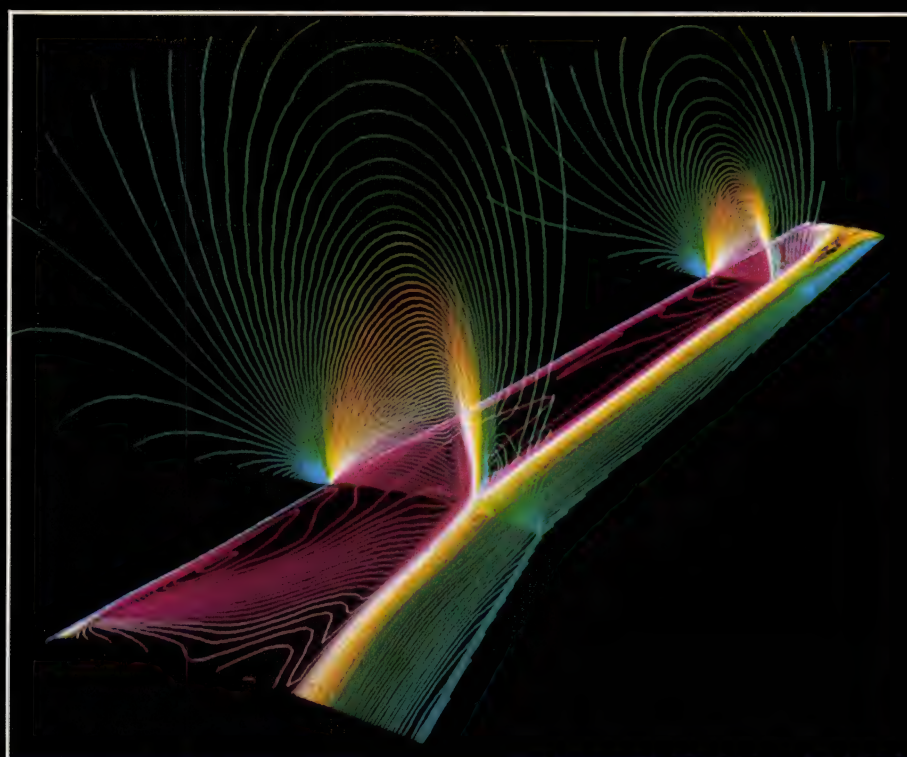



図 16　3 次元の翼まわりの音速に近い速さの流れ

Interior Coordinate におけるコンピュータ・グラフィックスの実用例

㈱川島織物　　沖野 敏夫

『川島インテリア・コーディネイト (KIC) システム』は「手段としての CG, 目的としてのファブリックス（織物）」を融合させ,「感性を技術する」一環として開発したシステムである。
画像のベースとなる部屋の作成方法と入力方法は, 3 次元 CG による部屋画像の作成, 部屋の写真や手描き図をスキャナーで入力, 実際の部屋などをビデオカメラで入力, の 3 方法を適宜使い分けしている。
インテリアショップにおける実際の使われ方のほとんどが, 2 番目のスキャナー入力であり, 理由は「操作が簡単である」,「設備金額が少なくてすむ」,「時間手間が短い」などに起因している。特に“顧客の指定する具体的な部屋”へのインテリア・コーディネイト効果は大きく,“既存部屋のリホーム”,“新築直後の何も無い部屋”,“建築設計段階での手描き図面”へのコーディネイトは, 当システムの最大特徴でありかつ他に類を見ない『リアルなファブリックス画像』とあいまって, 従来にない CG 効果を発揮している。(当システムの概要や構成, ファブリックス画像, 知識ベースなどについては PIXEL'88 5 月号参照)

コンピュータ・グラフィックスによる宝石の表示

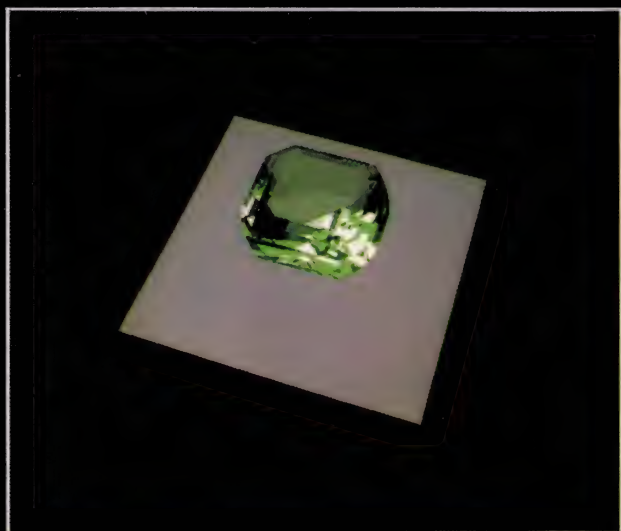
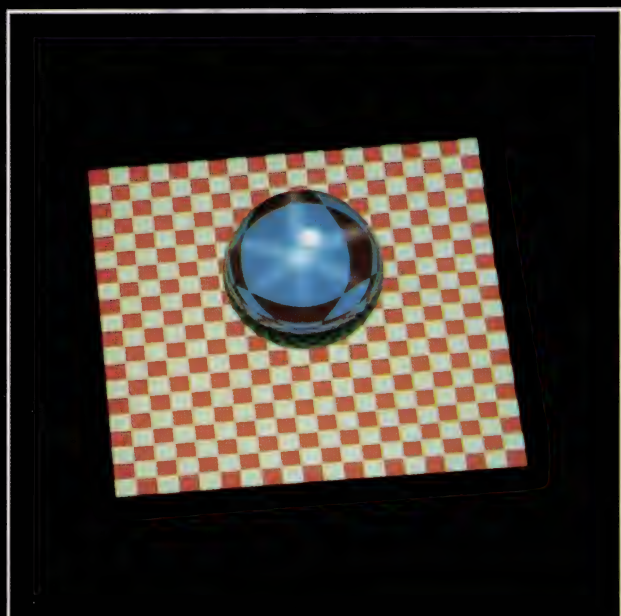
名古屋大学　　横井 茂樹

光線追跡法が開発され，これを用いて透明物体がリアルに表示されることがわかった。そこで自然界に存在する最も美しい透明物体である宝石が，コンピュータ・グラフィックスによりどの程度表現できるかは大変興味あるテーマと考え，研究室で宝石の表示の問題に取り組んだ。その結果得られたイメージをお見せする。これらは基本的に光線追跡法を用いているが，宝石の光条の表現には新しい手法を開発した。
私自身は予想以上に宝石の質感を表現できたと感じているが，いかがであろうか。なお，これらは倉繁宏輔君（現富士ゼロックス）の制作によるものである。

1

2

3

4

1　ダイアモンド
2　エメラルド
3　キャッツアイ
4　スターサファイア

最新のインテリジェントCAD の製品動向

最新のインテリジェント CAD の製品動向と，その製品 2 種について具体的に説明する。

CAD/CAM ソフトウエアの動向

従来，ミニコンピュータをエンジンとして CAD/CAM システムの開発を行ってきたベンダーは，高性能ワークステーションの出現によりソフトウエアを移植した新製品を次々と発表し，出荷している。ユーザー・インタフェースも従来のキーボード操作からマウスとオンスクリーン・メニューによる操作となり，操作性も格段に向上している。

このような CAD/CAM ベンダーの動きの中で最近注目を浴びているのが，AI 技術を駆使した機械設計向けの知的 CAD システムや，新しいテクノロジを用いたメカニカル CAE システムであり，これを提供するベンチャー企業が米国から次々と登場してきている。これまで AI 技術を設計分野に活用した CAD システムの例は，LSI 設計システムや工程設計システムなどの範囲にとどまっていた。

知的な支援を目指す新しい CAD

機械設計向けの知的 CAD システムは，AI 技術や新しいテクノロジの活用により従来型の CAD システムがカバーしていた詳細設計や製図作業といった範囲を概念設計から工程設計にまで広げるとともに，設計者の試行錯誤に対する知的な支援や設計仕様に対応した自動設計システムを目標としている。

知的 CAD システムは，従来型の CAD/CAM システムのもつ問題点を解決すると期待されている。問題点とは，従来型の CAD/CAM システムでは点，線，円弧，曲線，プレーン，シリンダ，ルールド面，曲面などの幾何学形状および文字列のみを取り扱い，その設計対象がもつ形状の特徴や機能，製造工程への制約条件といった意味までは表現できないため，結果的に製図用ツールか NC 加工データ作成用ツールの役割しか果たしていないという点である。

ここで採用されているのは，オブジェクト指向の宣言型言語を用いた AI 技術や，新しいテクノロジである“Feature-based Modeling (形状特徴モデリング)”である。形状特徴モデリングとは，設計対象を「貫通孔」「ボス」「リブ」「面取り」といった設計者が理解しやすい「形状特徴」を集合として記述し，これを幾何学形状と結合してユニットとして取り扱うモデリング技術である。この方式により，設計のスピードアップはもちろん，その後に続く FEM や NC データ作成のための情報をも含んだ意味情報が取り扱える知的 CAD システムを作ることができる。

これらの技術を応用した CAD システムは，Cognition, Aries Technology, Wisdom Systems, Parametric Technology, ICAD などが提供している。

今回は，Parametric Technology の Pro/ENGINEER と，ICAD の IMPAKT について紹介する。

ダイナミック・パラメトリック・ソリッド・モデラー“Pro/ENGINEER”

Pro/ENGINEER は最新のモデリング・テクノロジ Feature-based Modeling（形状特徴モデリング）を採用し，ラフスケッチとパラメトリックな寸法変更機能の組合せでソリッド・モデルを高速に作成できるパラメトリック・ソリッド・モデラーである。これにより，概念設計段階での 3 次元ソリッド・モデルの作成あるいは設計検討段階で頻繁に発生する設計変更に，柔軟かつスピーディーに対応することができる。操作方法は，階層構造をもつオンスクリーン・メニューとマウスにより 2 次元の断面形状を作成し，引伸しや回転によって 3 次元ソリッドを作る。この 3 次元ソリッド・モデルを孔あけ，面取り，切断，フィレットなどのフィーチャ（形状特徴）を追加して部品形状とする。データベースに蓄積されている部品を呼び出してそれらを自由に組み合わせ，製品モデルを完成させる。

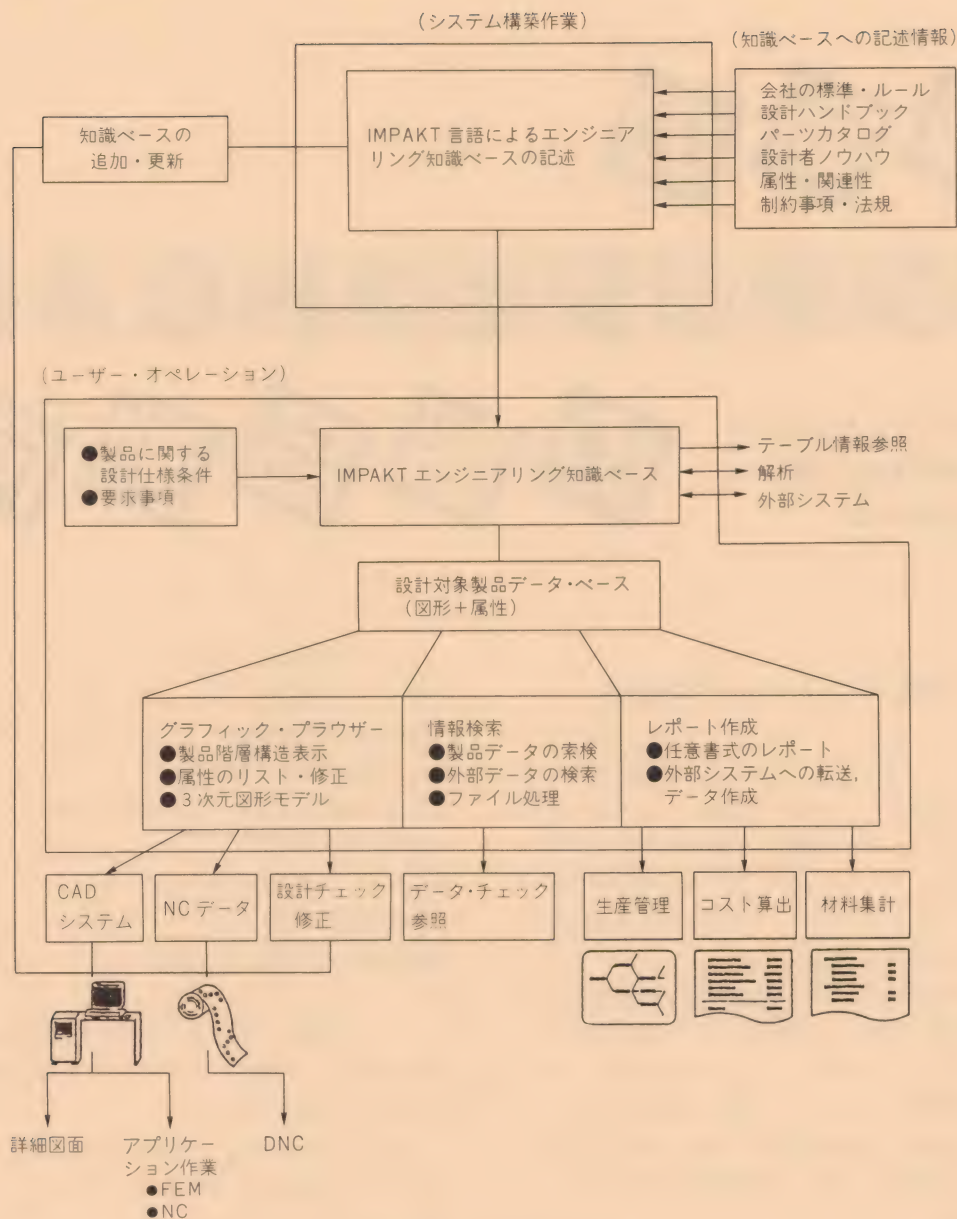



図4　IMPACT 作業プロセス

■パラメトリック・スケッチャ

(1)　形状の入力

セクション・ペーパーが表示された画面に向かい，マウスを使って直線，円弧，フィレット，曲線などの幾何学形状を用いて設計対象の断面形状を一筆で描く。このとき断面形状の対象軸，基準線を追加する（**図1**）。

(2)　寸法の定義

断面形状に対して変数となる直線寸法，直径，半径，角度などの各種寸法を定義する。マウスで断面形状を構成する幾何学形状をヒットすると，Pro/ENGINEER は寸法を変数として自動的に表示する（**図2**）。寸法変数は設計者の指示により算術式として与えることもできる。

(3)　REGENERATION

寸法の定義の終了をシステムに知らせると，Pro/ENGINEER は，●図形としての正当性のチェック　●トポロジの自動生成　●形状と寸法の関連性　●寸法矛盾の判断——を行い，3次元ソリッド作成のための準備を行う。

■ソリッド・モデリング

パラメトリック・スケッチャでの作業が完了したら，ソリッド・モデルの構築方法（回転，引伸し，テーパー付き引伸し）を指定すると，基本となるベース・ソリッド・モデルが出来上がる。これをベース・フィーチャとよぶ（**図3**）。ベース・フィーチャをマウスでヒットすると，Pro/ENGINEER が内蔵するパラメータにより自動的に計算した寸法値が表示できる。寸法値を変更するとベース・フィーチャは自動的に再生成される。

■フィーチャ・モデリング

ベース・フィーチャにシャフト，ネック，ブレンド，フィレットなどの形状特徴を追加して最終形状とする。

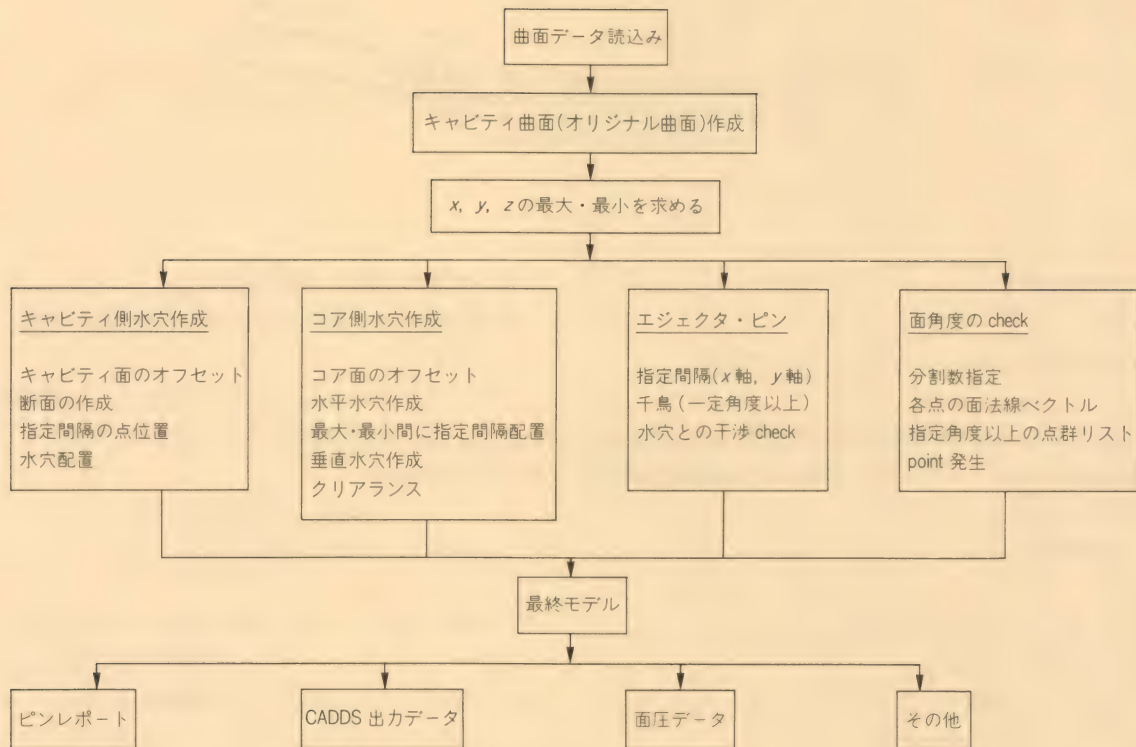



図 5　モールド金型アプリケーション処理フロー

図 1　パラメトリック・スケッチャで断面形状を作成

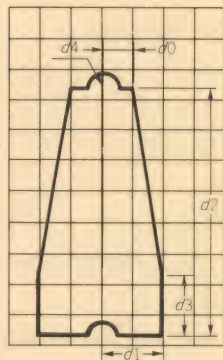



図 2　寸法変数の定義

図 3　引伸しによるベース・フィーチャの作成

Pro/ENGINEER によって作成されるソリッド・モデルは，作業中のどの過程においても自由に修正することができる。

■パラメトリック・アセンブリ

部品どうしあるいはサブアセンブリと部品の組付けは，“面を合わせる”“面と面をそろえる”　“部品の穴に軸を挿入する”“面と面を平行にする”といった日常の用語を用いて行える。さらに，組み付ける部品を別ウィンドに表示し，位置の指示を簡単に行えるように配慮されている。

■ Pro/ENGINEER での設計ルールの定義

Pro/ENGINEER では，設計ルールを寸法値間の関係式，数表，あるいは C 言語で記述されたプログラムとして定義することができる。Pro/ENGINEER により提供されるデータベース・アクセス・ツールと C 言語を組み合わせれば，条件判定式，数値演算，解析プログラムとの自動リンク，その結果による形状定義，アセンブリなどが行える。

知識ベース型
設計・製造・管理支援システム“IMPAKT”

IMPAKT（Intelligent Mechanical Production And Knowledge Tool）は，オブジェクト指向の宣言型言語である IMPAKT 言語を用いた大規模な機械製品のエンジニアリング，および製造を自動化する知的 CAD システムである。どのような製品でも，その開発と製造の原動力は単なる図面ではなく，エンジニアのもっている知識の集まりであるという考え方を基本とした IMPAKT は，エンジニアの知識を知識ベースに集約，活用して開発および製造プロセス全体の改善を行う。

IMPAKT 言語で設計ルールやノウハウなどを記述して蓄積した知識ベースと，入力した設計仕様から特定の製品の 3 次元モデルを自動設計し，さらにその製品や構成部品に関する膨大な属性データがグラフィックと関連性を保ったまま知識ベースに構築される。完成したグラフィック情報は，インタフェース・ソフトウエアを介して既存 CAD システムに渡され，詳細設計図面がアウトプットされる。属性データはホスト・コンピュータで稼働している生産管理システムや在庫管理システムに受け渡される（**図 4**）。

次に，IMPAKT で設計したプラスチック・モールド金型の自

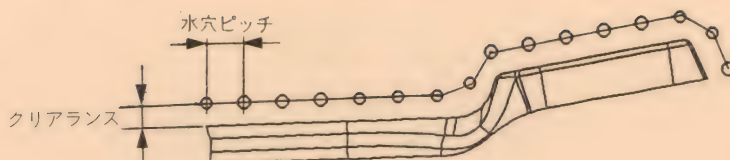



図 6

動設計について説明する。

■作業プロセス

作業プロセスは**図5**(前ページ)に示した通りである。

■効果

IMPAKT によるシステムの構築でかなりの部分を自動化した金型設計となり，モデリングのための対話処理が激減し設計効率を大きく向上させることができる。

■知識ベースの概要

(1) 設計ルール

1) キャビティ側およびコア側水穴配置

① 水穴間の距離を一定に保つ。

② 水穴と製品面との距離を一定に保つ。

③ 指定されたサイズの水穴とする。

2) タテ水穴配置（バッフル水穴）

① ヨコ水穴上に配置。

② 指定値以上の水穴のみ配置する。

③ 千鳥状に配置。

④ 製品面との距離を一定値となる長さにする。

⑤ 面のある部分にのみ配置する。

⑥ タテ水穴間の距離を一定に保つ。

⑦ 指定サイズの水穴。

3) エジェクタ・ピン配置

① エジェクタ・ピン間の距離を一定に保つ。

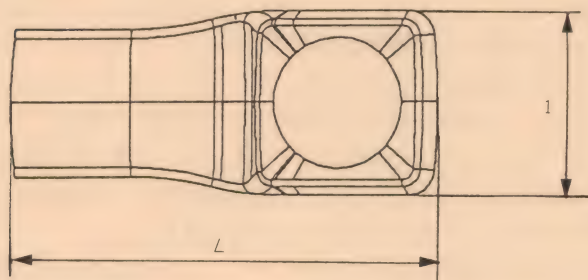



図 7

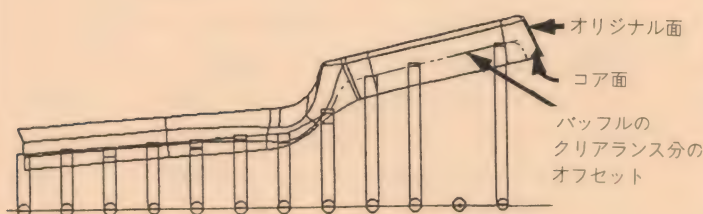



図 8

② 水穴との距離を一定以上に保つ。

③ 製品面のある場所で傾きが指定値以内の場所へ千鳥状に配置する。

④ ①～③ の条件を満足しなくても端点上には配置する。

⑤ ピン頭の曲面の面積を求め，番号を付与する。

4) 製品面の評価

① X，Y，Zの最大／最小値を求める。

② 指定角以上の傾きの位置を評価する。

(2) アルゴリズム

1) 製品の形状データは，既存 CAD システムでモデリングされたサーフィス・データを IMPAKT 側に取り込む。

2) IMPAKT で用意されている面間距離計算のファンクションを使ってある基準面を設定し，その面とサーフィス・モデルの距離を計算して最短距離を作る面上の点を求める。

3) 抜き勾配をチェックする。

4) 水穴の配置

①キャビティ側水穴配置（**図6**）

ⓐキャビティ側サーフィスを必要なクリアランス量だけオフセットしてオフセット面を作る。

ⓑオフセット面のパーティング・ライン上で断面を作り，交線を求める。

ⓒ複数面で構成されるオフセット面から求めた断面交線は同じく複数の曲線から構成されているため，これを1本のカーブに変換する。

ⓓこの変換された1本のカーブに沿って，ある指定したピッチでその長さを除した数の切下げた値で再度カーブの長さを割り，得られたピッチで水穴を配置していく。すなわち，実際のピッチは指定した最小ピッチより多少大きくなる。

②コア側水穴配置

ⓐ長手方向両端の距離Lを水穴最小ピッチで除した値の切下げ値で再度，両端距離Lを除し，長手方向ヨコ水穴ピッチW_Pを求める（**図7**）。

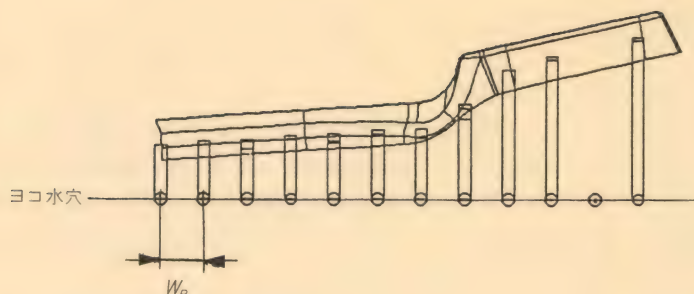
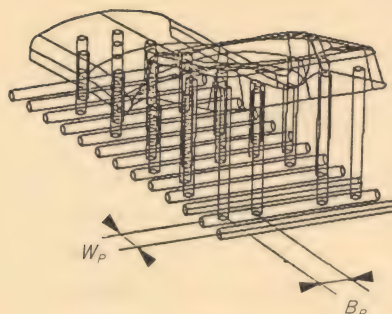
ⓑ幅方向両端距離1をヨコ水穴ピッチで除した値の切下げ値で再度1を除し，幅方向ヨコ水穴ピッチB_Pを求める。

ⓒオリジナル・サーフィスをコア側に製品の厚さ分だけオフセットしたオフセット・サーフィスを作る。

ⓓコア側サーフィスをさらにコア側水穴とのクリアランス分だけオフセットしたオフセット面を作る。

ⓔコア側面の最下部から，タテ水穴の最小長さ分B_{min}だけ下がった位置に面を設定（**図8**）。

図 9

図 10

ⓕこの面に沿ってL方向にⓐで求めたヨコ水穴ピッチW_Pで等間隔にヨコ水穴を配置（**図 9**）。

ⓖⓕで配置したヨコ水穴上のL方向に，ⓑで求めたタテ水穴ピッチW_Pで等間隔にタテ水穴の配置中心位置を求める。ただし，千鳥の配置とする（**図 10**）。

ⓗタテ水穴中心位置をⓓで求めたオフセット面上に投影する。

ⓘ投影部に面がない場合は，タテ水穴の配置は行わない。

ⓙ投影部に面がある場合のみタテ水穴の配置を行う。

ⓚタテ水穴長さはⓓで求めたオフセット面上の投影点からヨコ水穴中心までの長さとする。

5) エジェクタ・ピンの配置

①長手L方向のサーフィス面端部水穴からクリアランス分だけL方向にオフセットした位置を求める（**図 11**）。

②幅方向両端距離Lをエジェクタ・ピン最小ピッチで除した値の小数点以下切下げ値で再度除し，等間隔配置のピン・ピッチP_Pを求める。

③①で求めたオフセット上にピン・ピッチP_Pで等間隔にエジェクタ・ピンを配置する。

④エジェクタ・ピン中心位置の面勾配をチェックし，臨界勾配角以上の勾配があるときはエジェクタ・ピンの配置を行わない。

⑤エジェクタ位置に面がないときはエジェクタ・ピンの配置は行わない。

⑥同様に長手方向にピン・ピッチP_Pをもって，千鳥にエジェクタ・ピンを配置する。

⑦エジェクタ・ピンと水穴とのクリアランスをチェックし，最小クリアランス以内のエジェクタ・ピンは最小クリアランスを保つ位置に移動させる。

⑧ピンの長さは，指定された深さの基準面からサーフィス面上の投影された位置までの距離である。

⑨サーフィス面の端部には，千鳥状になるようにエジェクタ・ピンを配置する。

⑩ピンとサーフィス面との交線を求め，その交線で囲まれるサーフィス面の面積を求める。これは面圧計算に利用する。

⑪ピンにはピン番号を属性値として付加し，画面に表示する。

■オペレーション

(1) 初期値設定

次の値については，それぞれ初期値を設定した変数として定義してある。必要なら下記以外のパラメータについても変数として定義し，設計時に指定することができる。

1) キャビティ・入力面データ
2) キャビティ・オフセット面
3) 幅方向水穴ピッチ
4) 長手方向水穴ピッチ
5) コア入力面データ
6) コア・オフセット面
7) エジェクタ・ピン径
8) エジェクタ・ピン間距離
9) ピンと水穴間の最小距離
10) 水穴パイプ径
11) 水穴とパート面との最小距離
12) コア側水穴のパート面からの距離

(2) 設計変更

設計変更については3通りのケースが考えられる。第1は製品形状が変更となる場合であり，第2は初期設定値が変更となる場合，第3は設計ルールが変更となる場合である。

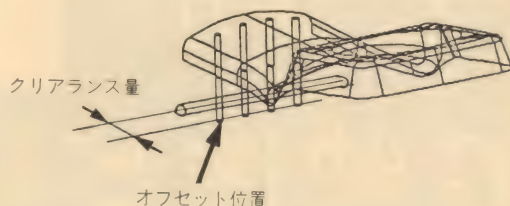
第1の場合は，変更後の製品形状を再度CADシステムからIMPAKTに取り込んで再実行させる。

第2の場合は，設定されている初期値を変えて実行するか，実行後に属性値を修正して再計算させる。

第3の場合にはIMPAKTの知識ベース自体を変更することになるので，IMPAKT言語にてルールを変更して再実行する。

（東京エレクトロン㈱　田中　正直）

図 11

大手ゲームメーカーのナムコがCG映像ビジネスに参入

JCGLのスタッフとシステムを引き継いでCG制作に挑む

PIXELの読者には,ナムコという会社はあまり馴染みがないかもしれない。同社は，業務用ゲームの大手3社として株式上場まで果たしたアミューズメント・マシン業界のエクセレントカンパニーである。ゲームを中心とした積極的な多角経営を進めていることでも知られている。

そのナムコがこの9月よりコンピュータ・グラフィックス（CG）業界に進出することになった。スタッフとシステムはJCGLから引き継ぎ，ハードウエア/ソフトウエアともに鋭意CG映像の製作に取り組む環境が整いつつある。米国オムニバス社の倒産に始まり，ここ1〜2年間のCG業界を巡る状況はあまりよくなかっただけに，同社のCGプロジェクトの動向が大変話題を集めている。

ここでは，同社のCGへの取組み方を聞くとともに，今後のCGプロダクションのあり方について考えてみたい。

CG制作だけでは初期投資の回収が難しい

CG映像製作という点で，JCGLのこれまでのいきさつを考えてみると,同社はCG映像制作のパイオニアであり,ハードウエア，ソフトウエアともに未成熟で，最も困難なときにスタートしただけに経営的には苦しかった。CGビジネスが本格的にこれから離陸しようというときにナムコはスタートするだけに，今回は条件がよい。それに同社にはゲームがある。

「ゲームの場合は利益率が非常に高いので，CGの開発コストもその中で十分に吸収できるわけです。一般のTV-CMなどの映像制作に関しては現時点でも利益がでないとは思いませんが，初期投資額を回収するためには非常に時間がかかるということはいえるでしょう」(橋口隆二ナムコ取締役CGプロジェクト部長，以下敬称略)

ゲームの場合は付加価値が非常に高いため，当たればその中でCG開発のための初期投資のすべてを一度に回収することもできないことはない。現在は,高度なCGのシミュレーション映像を組み合わせたフライト・シミュレータのようなゲームが，大変多くなっているからだ。

「ナムコは,映像を中心とした通信衛星の分野にも進出しようということで，リサーチを行っていました。そして，たまたまJCGLがもっている開発ツールをナムコが使ってゲームを共同開発していたわけです。その時点では，まさかJCGLがこのような状況になるとは思いませんでしたが。JCGLは資金的な援助がなくなって行き詰まってしまった段階で，いろいろな企業に引受け手となるよう声を掛け，その中の一つがうちだったというわけです」(橋口)。

ナムコでは，ゲームのための映像もCGの一種であるととらえている。JCGLのCGソフトウエアの技術とナムコのコンピュータ・ゲームの技術がドッキングすることにより,これまでにない新しいシミュレーション・ゲームができるのではないかという考え方である。

ナムコはCGの映像制作全般を目指す

CGを使った映像制作でこれまで難しかった点として，機材が高いということだけでなく，他にいくつかの問題が含まれている。技術などの内部的な問題以外にも制作予算があまりないという外部的な問題もある。今後新たにCG映像部門をスタートさせるにあたり，従来のCG制作を知っているナムコは現在のCG映像制作をどのようにみているのであろうか。

「今までのCGプロダクションはソフトハウスのようなものです。制作作業と映像作品が1対1の関係にあり，それを続けていく以上は採算をトントンにするのがいいところでしょう。ですから,もしそのままでいくのなら,1つの映像作品に対して付

加価値をどう付けるか，あるいはどう芸術的な部分を取り入れるかということが必要です。現在は技術がようやく固まりはじめたばかりで，そこにアートの要素が入ってくるというところまではいたってません。ですから，1つの映像作品をどう多様化して展開するかという部分が勝負になるのではないかと思います。機材に関してはコスト的にも採算が合いそうです。やはり一番大きな問題は市場の問題だと思います。これまでのCGは安易に，なおかつ最もメリットのある部分に使われてきた。それがたまたまTV-CMだったと思うのですが。現在のゲームでは，オーディオ/ビジュアルということが非常に大きな位置を占めています。以前とは違い，映像やCGの部分に非常に多くの時間をかけているのです。CGの可能性の一つとして，そこの部分のメリットはかなりでてくると思います。さらに，広い意味のゲームとしてエンターテイメントに近い大型映像では，CGには相当重要な意味があると考えています。可能性は十分にあるはずです」(平岡一邦ナムコCGプロジェクト課長，以下敬称略)

ナムコは横浜未来研究所を設立し，CGプロジェクトを発足させた。この研究所は，ナムコ・グループが現在行っている事業の延長線上に将来どのような事業をなすべきかをリサーチする部門だが，研究所とはいうものの収益部門の一つである。現在はまだCGプロジェクトが入っているだけだが，映像事業として業務提携先のルーカス・フィルムのような特撮工房やハイビジョン関係の設備を設け，全体を映像関係で占める予定という。ナムコは，映像を中心として将来の可能性を探っている。

展博用映像などの分野にも，今後CGがかなり伸びていくのではないかと思われる。米国のディズニーランドの「STAR TOURS」などをみてもかなり可能性がある。

「それをやろうというのが，うちの社長の中村の考えなのです。実際にアメリカのディズニーランドまでわざわざ見に行きました。ジョージ・ルーカス氏と一緒にSTAR TOURSに入ってみて大変共鳴いたしまして，こういうのがやりたいんだということになったというわけです」(橋口)

CGプロジェクトの具体的な活動としては，JCGLで行っていたCG制作，イメージ・メーカーやエナージといったソフトウエアの販売，CGパッケージの貸出しといった業務をすべて引き継いでいく。イメージ・メーカーのバージョンアップも積極的に行う予定である。そしてナムコの新しいCGビジネスとして，ゲームとCGの新しい組合せによる映像制作，ハイビジョンなどの新しいメディアを中心とした映像制作，そして学校教育の教材用という分野にCGを展開する予定である。

JCGLの方針は受け継がない ナムコ独自の方針でCGビジネスの展開を図る

ナムコがJCGLから引き継いだものは，スタッフとハードウエアやソフトウエアなどの機材がある。CGスタッフとして25名を，機材に関してはこれからナムコがCGを作っていくうえで最低必要な機材だけを引き継いだ。JCGLで開発されたソフトウエアも購入した。なによりもCGスタッフは，ともにCG映像を制作するうえで最も大きな財産である。スタッフの内訳は，実際に映像制作を行うクリエーティブ・スタッフが約10名，プロデューサーが4名，制作スタッフ管理のプロダクション・マネージャが数名，それに技術のサポート部隊が8名である。間接的なスタッフを含めるとさらに増えると思われるこのCGプロジェクトは，かなり大きな組織という印象を受ける。しかし，ナムコの今後のCGビジネスの青写真からみればスタッフはまだ少なく，早急にJCGL時代の60名くらいには増強する予定である。

ナムコにJCGLの取締役は移ってきていない。彼らのこれまでのCGにおけるキャリアは，ナムコCGプロジェクトとしては不要だったようだ。

「そうです。ナムコの今後進むべき道は，やはりナムコ独自の主義と考えの中で決めていきます。既製概念にとらわれてはいけないということです。JCGLの経営陣は1人も入っていませんし，JCGL時代の方針は全く引き継いでいません」(橋口)

CGの応用という部分で，地域の再開発などの大規模なシミ

◀ナムコ横浜未来研究所

ュレーションも非常に注目されている部分である。ナムコとしては，例えば以前JCGLが行っていた横浜のウォーターフロント再開発計画のような環境シミュレーションといったものをどのようにとらえているのだろうか。
「現時点ではまだ営業の対象には入れていませんが，お話があれば受けたいとは考えています。将来的には産業シミュレーションなどのCGの需要は増加していくと思いますが，付加価値という意味ではどうでしょうか。そのために専門的な知識をもったスタッフも同時に必要になってくるわけですからね」(平岡)

制作にはPC-9801を接続したNEWSを多用

以上で，ナムコCGプロジェクトの方針やあらましは読者に伝えられたと思う。以下では，このプロジェクトで使用するハードウエアやソフトウエアについて説明していく。

ハードウエアは，基本的にSun-3（Sun-4にバージョンアップの予定）とNEWSを中心としたワークステーションで構成されている。Sunは，メインとして動いているものが2台，開発用に1台の計3台である。そしてCuller-PSCをカリキュレーション・サーバーとして使っている。制作用にはNWS-830が7台ある。これらはすべてEthernetとNFSでネットワーク化される。

「われわれのソフトウエアはNFS環境化でないと動かない状況になりつつあります」(加藤俊明ナムコCGプロジェクト，ソフトウエア・ディレクタ，以下敬称略)

現在,7人のアーチストがNEWSを1台ずつ独立して同時に使える体制にある。それぞれのNEWSにはフレーム・バッファを介してPC-9801を接続し，1つのフレーム・バッファにNEWSとPC-9801から同時にアクセス可能な特殊な接続になっている。例えば，PC-9801の方からペイント・システムで絵を描き，それをNEWSの方からアクセスして3次元物体にマッピングするということが簡単にできるのである。

現在の絵の作り方ではマッピング素材をいかに作るかということが重要なポイントであり，作業効率の向上を図るためにもすべてのワークステーションにペイント・システムを備えることが必要だという。

「絵から形を作るという部分で今後は工夫していこうと思っています。ワイヤー・フレーム・データをうまく作り，それから3次元のデータを起こすということを，PC-9801とNEWSとを絡めて考えています。しかしこの形態も，あくまで過渡期のためにたまたまこうなったものです」(加藤)

SunとNEWS以外にも，JCGLからCuller-PSCとPixarをもってきている。これらはCG制作でどのように利用しているのだろうか。特にPixarは非常に特殊な機械で，内部がすべてインテジャーで処理する画像処理をターゲットとして開発されたものである。3次元のレンダリングのような映像制作にはあまり使いやすいとは思えないが，CG制作の現場としてはどうとらえているのか。

「Culler-PSCはファイナル・レンダリングに主に使っています。Pixarは正直に言いまして，コンピュータとしてみるのならCG制作には向かないと思います。まず動かすのが非常に難しい。優秀な人間が何人もいて人が余っているような状況ならよいのでしょうが，特殊な機械用にプログラムを開発していくのは難しいことですね。ただ合成用などのコンポジット・マシンとして使用するということであれば，これはかなり速いですから可能性があると思います。われわれの絵の作り方のような合成の手法・コンポジットをしながら作っていくという方法の特徴を考えますと，高速にコンポジットできるデバイスがあれば非常に重宝します」(加藤)

十分にチューンナップを加えた独自のプログラムでCG制作を開始する

JCGLのときは，最初はニューヨーク工科大学のソフトウエアを，その後はクランストン・スーリ・プロダクション（CCP）のソフトウエアを使っていた。

「今，このCGプロジェクトで動いているソフトウエアは100%

◀ナムコCGプロジェクト「オペレーティング・ルーム」

オリジナルのものです。JCGLのころから比べてみてもかなりの部分が変わってきています。JCGL時代は開発と制作が背中合せの状態でしたので，非常に大きな問題があっても制作ラインから離れて修正することがなかなかできませんでした。ですから，これまで直したくて仕方がなかったところをナムコに移ってから一気に全部直してしまいました。フォーマットもかなり変わってきています。ソフトウエアとしては非常に進歩しました」(加藤)

ナムコの現在のCGシステムのソフトウエアは，基本的にJCGL時代に作られたオリジナル・ソフトウエアを機能拡張したものである。スキャンライン法を用いたレンダラーで，実にさまざまな種類のマッピング表現に定評の高いものである。具体的にナムコに移ってから，どの部分を中心に手直ししているのだろうか。

「表面的にはほとんど変わってないと言えると思います。現時点では非常に基本的な部分を手直ししております。例えば，新しいデバイスをつないだりとか，フォーマットを変えてみたりとかです。レンダラーに関する開発のポイントは，とにかく制限をなくすことです。JCGLでエナージを設計したのは2年ほど前ですが，そのころは5,000ポリゴン前後のレンダリングができれば向こう5年くらいは大丈夫だろうと思っていました。ところが1年間くらいで駄目ですからね。ですから，まずポリゴン数とかのデータ的な制限を取り除くということです。そして，ユーザー・インタフェースのモデリングとか動きに関しては，全く別の切り口で新しいプログラムの開発を始めたところです。JCGLのときは基本的には技術部と制作部に分かれていましたが，ナムコCGプロジェクトではそういう区分けがありません。部屋も一緒に使っていまして，制作スタッフがこれがわからないと言えばこうですよというように，一緒にやっていくという感じです。ただ，ソフトウエアの開発方針などについては，制作の内容とは少し離れたところで考えています。このCGプロジェクトは5月に発足しましたが，最初の段階で基本的な方針をしっかりと立てることができる貴重な時間をもつことができました」(加藤)

40％ぐらいはレイ・トレーシングと言われても間違いがない

JCGLでのレンダリングは全部ポリゴン・ベースで処理し，2次曲面などは使っていなかったという。基本的にはポリゴン・データに変換してレンダリングをかけるというかたちで行っていた。マシンのパワーなどの問題もあると思うが，レイ・トレーシングを絵の一部に使うということについて，どう考えているのだろうか。

「基本的にレイ・トレーシングを行わないということではないのです。現にわれわれが使っているレンダラーは，たぶん40％ぐらいはレイ・トレーシングと言われても間違いのない内容をもっています。ローカルではレイ・トレーシングと同様なことを行っており，特にリフレクション・マッピングなどのリアリティを増すためにもかなりレイ・トレーシングと同じような計算を行っています。レイ・トレーシングと同様に正確な映り込みも表現できるようになっていて，一部では実際に光線を追いかけるということもしています」(加藤)

閉じられた室内の空間などをきれいに表現するには，やはり今流行のラジオシティ法のようなものがないと柔らかい光の表現がうまくできない部分がある。ラジオシティ法への取組みはどうであろうか。

「ラジオシティ法は，特に静的な空間においては非常に高い可能性があると思いますので，是非やってみたいことの一つですが，なかなか時間がなくて」(加藤)

GWSが欲しい

最近高度なグラフィックス機能をもった，いわゆるグラフィック・ワークステーション(GWS)が数多く発表され，一部のCGプロダクションではすでに導入をしたところもある。GWSとレンダリング・ソフトウエアを購入すれば，ただちに数年前のトップレベルのCGプロダクションくらいのパワーはもてるようになった。ナムコとしては，ハードウエアの部分では今後

どのような機種の導入を考慮しているのか。また，CGの現場の技術者としては，どのような部分のどんなハードウエアを面白いとみているのだろうか。

「現在導入を考えていますのが,動きをリアルタイムでうまく再生する機械です。例えば，IRIS 4DとかTITANといったクラスの，リアルタイムで画像の再生ができるGWSが非常に面白いなと思っています。ただ，ナムコCGプロジェクトとしては，イレギュラーなことはなるべくしないということが方針としてあります。その辺でどうなるかはよくわかりません。しかし，このクラスのワークステーションは欲しいですね。最近のこのクラスのワークステーションは，計算速度を速くするために並列処理でマルチCPUのかたちにどんどんなってきていますが，残念ながら並列処理の有効性ということになるとレイ・トレーシング法と違いスキャンライン法ではかなりつらいものがあります。その辺の問題も今後の課題として残っています。今後，そういうワークステーションが増えてくるなら，並列処理のワークステーション上でどう処理するかという問題と絡めて考えなくてはいけないですね」(加藤)

GWSでレンダリングの速度を速くするためには，ワークステーション上のグラフィック・ライブラリを使わないと，思ったほど処理が速くないということも多い。

「基本的にはたぶんグラフィック・ライブラリは使わないという方向でいくと思います。いざというときには計算センターにデータをもっていって処理できるように，マシン・インデペンデントではなく移植性をまず第一に考えていくつもりです」(加藤)

ビデオの場合，ほぼ100%フィールド・アニメーション

「ナムコではビデオの納品を非常に重視していまして，現状ではたぶん100%が(フレーム・アニメーションではなく)毎秒60コマのフィールド・アニメーションになっています。やはり，制作スタッフの意識の中でフィールド・アニメーションはきれいだということがあります。動きが滑らかになりますし，これは人間の感覚の問題かもしれませんが発色も良いようです」(加藤)

一般のCGの場合にはまだ30コマ／秒のフレーム・アニメーションの方が多いようだが，他社が作ったTV-CMなどのCGを見てナムコではどのようにとらえているだろうか。

「リンクスは，かなりフィールド・アニメーションを使っているみたいですね。フィールド・アニメーションにすると絵の枚数が倍かかる——30枚で済むところが60枚の絵を作らなくてはいけない——というのでは，ナムコとしてはとてもやっていられません。しかし，例えば走査線を1本おきにするなどというようにうまく作りますと，フレーム・アニメーションの1.2倍くらいのオーバヘッドでかなりきれいなアニメーションを作ることができます」(加藤)

映像をやりたい

JCGLからナムコのCGプロジェクトにCGスタッフが移って3カ月となる。CGスタッフたちは，ナムコという新しい環境の中でどのようなことに挑戦したいと考えているのだろうか。

「技術的には実写と全く区別のつかないハイグレードな非常に高品位な絵を作りたい。それでアニメーションを作りたいですね。ですから技術サイドでは，完全に映画サイズのクォリティをだせる優秀なソフトウエアを作ろうということで開発を行っております」(加藤)

ナムコCGプロジェクトは，こうして63年9月より正式に活動を開始した。このCGプロジェクトは，ナムコの将来を考えるという重要なポジションに置かれ，ナムコ・グループの躍進という点においても同プロジェクトの活躍がおおいに期待されるところである。日本のCG業界を常にリードしてきたトーヨーリンクス，JCGLという2強時代は過ぎ去り，新生ナムコCGプロジェクト，新生リンクスというCG業界の新しいライバル関係が築かれたわけである。これからもわが国のCG業界の一方の雄として，沈滞ぎみのわが国のCG業界のみならず，世界のCG業界という大きな土俵の上でも常に勝ち星を上げるくらいの意気込みで邁進していってほしい。

◀ナムコCGプロジェクト「オペレーティング・ルーム」

第2回

ISRスーパーコンピューティング・ワークショップ

スーパーコンピューティングにおけるビジュアリゼーション

スーパーコンピュータ研究所（略称ISR，ラウル・メンデス所長）は，8月22日（月）から25日（木）までの4日間，東京・大手町の日本鋼管ビルにおいて「第2回ISRスーパーコンピューティング・ワークショップ：スーパーコンピューティングにおけるビジュアリゼーション」を開催した。

主催者であるISRは，クレイ・リサーチCRAY X-MP 216，富士通VP-400（以上はリクルートRCSと共有），日本電気SX-2，アライアントFX/8，インテルiPSCd 4-MX，三井造船MiPAX-32 JFVなどのスーパー・コンピュータ，ミニ・スーパーコンピュータを所有し，スーパー・コンピューティングの性能比較，利用技術などに関する研究を行っている。

このワークショップには，日本および米国の代表的なコンピュータ・グラフィックスと応用分野の研究者による講演が行われた。テーマとなっているビジュアリゼーション（視覚化）は，スーパー・コンピュータなどの強力なコンピューティング・パワーをもつ計算機によって生成される大量の数値情報を理解するための手法として，現在最も注目されている。ワークショップへの参加者は約100名を数え，並行して行われていたミニ・スーパーコンピュータ，グラフィック（スーパー）ワークステーション（GWSまたはSWS）の機器展示でもTITAN，IRIS，GS 1000といった話題のグラフィック・ワークステーションがデモンストレーションを横並びで行っていたのが印象的だった。出展会社は7社であった。

ここでは，このワークショップのハイライトとなった代表的な研究発表の内容をまとめてみた。いずれの講演も科学技術計算の結果をいかに視覚化するかという手法について専門的な立場から語ったもので，非常に興味深い内容であった。

今回紹介する発表の他にも，次のような著名な研究者によりビジュアリゼーションに関する発表が行われた（敬称略）。

「雷雨のモデリングにおけるビジュアリゼーションの役割」
　Kelvin Droegemeier (University of Oklahoma)

「大規模CAD/CAMシステムにおけるスーパーコンピュータの役割」
　Robert Fulton(Georgia Institute of Technology)

「イメージ・コミュニケーションの将来」
　原島博（東京大学）

「最新のビジュアリゼーション製品に関する調査」
　Laurin Herr (Pacific Interface)

「グラフィック・スーパーコンピュータの性能」
　Raul Mendez（スーパーコンピュータ研究所）

「ライティング・シミュレーション」
　中前栄八郎（広島大学）

「イメージ・コンピューティングの将来」
　大村皓一（大阪学院大学）

「レーザー工学研究所におけるビジュアリゼーション」
　嶋京子（大阪大学）

「数値実験の技法について」
　Karl-Heinz Winkler(Los Alamos National Laboratory)

ベンダーからは，アライアントコンピュータ，アップル・コンピュータ，アーデント・コンピュータ，AT&Tピクセル・マシンズ，コンベックスコンピュータ，クレイ・リサーチ，富士通，ヒューレット・パッカード，日立製作所，日本電気，ピクサー，シリコングラフィックス，ステラコンピュータ，サン・マイクロシステムズ，ウルトラ・コーポレーションによる発表が行われた。

◉ COLOR IMAGES も参照。

「科学計算のビジュアリゼーション（視覚化）を行うための基本原則」

Thomas DeFanti, Maxine Brown (Electronic Visualization Laboratory, University of Illinois)

ビジュアリゼーションとは，数字の羅列であるデータを人間にとって理解しやすい視覚情報に置き換える手法である。複雑な数値計算やシミュレーションのデータを視覚化する能力は，結果を解析してその中に含まれている本質を強調し，それを他

の人に伝えるために必要不可欠なものになってきている。

ビジュアリゼーションは次のような要素技術を統合している。

- コンピュータ・グラフィックス
- イメージ・プロセッシング
- コンピュータビジョン
- CAD
- シグナル・プロセッシング
- ユーザー・インタフェース

この分野の市場規模は，アメリカにおいて1987年に76億ドルだったのが92年には231億ドルに達すると予測されており，ビジュアリゼーションの応用分野は，数値流体力学(CFD)，分子化学，医学，宇宙物理学など多岐にわたっている。

ビジュアリゼーションのためのソフトウエアは，モデルの定義，数値計算，レンダリング，表示と大きく4つに分かれており，別々のコンピュータ・ハードウエア上に存在しても，また，ハードウエアそのものが物理的に遠くに分散していてもかまわない。分散処理の度合いは,コンピュータのCPU能力とそのコスト，およびデータの転送コストとのバランスにより決まる。最近のグラフィック・ワークステーションの能力の増大とコンピュータ・ネットワークの普及・整備により，以前に比べて安価でかつ強力なビジュアリゼーションのための環境が実現可能である。

レンダリングまでの処理をスーパー・コンピュータで実行して，イメージ・データを表示装置に転送するビジュアリゼーション環境の場合（例えばレイ・トレーシングなど），データ量がきわめて大きいため（1,600万色フルカラーで1画面1K×1Kピクセル×24ビット・カラー＝24Mビット）イメージ・データの転送・保存が大きな問題であったが，特別なデータ圧縮アルゴリズムにより，イメージをほとんど損なうことなく24ビット／ピクセルを2ビット/ピクセルまで圧縮することが可能である。

より高度なビジュアリゼーションを実現するためのツールを開発するためには，次のような分野の専門家の協力が必要である。

- Computational Scientists and Engineers
- Visualization Scientists and Engineers
- Artists
- Systems Support Personnel

ビジュアリゼーションの目的は，ビジュアルな手法を通じて新しい科学の本質を見極めることにより，既存の科学的手法を“てこ”で動かすことにある。

“The purpose of scientific computing is insight, not numbers.”
(Richard Hamming)

「1990年代のスーパー・コンピューティング環境」

Larry Smarr (National Center for Supercomputing Application)

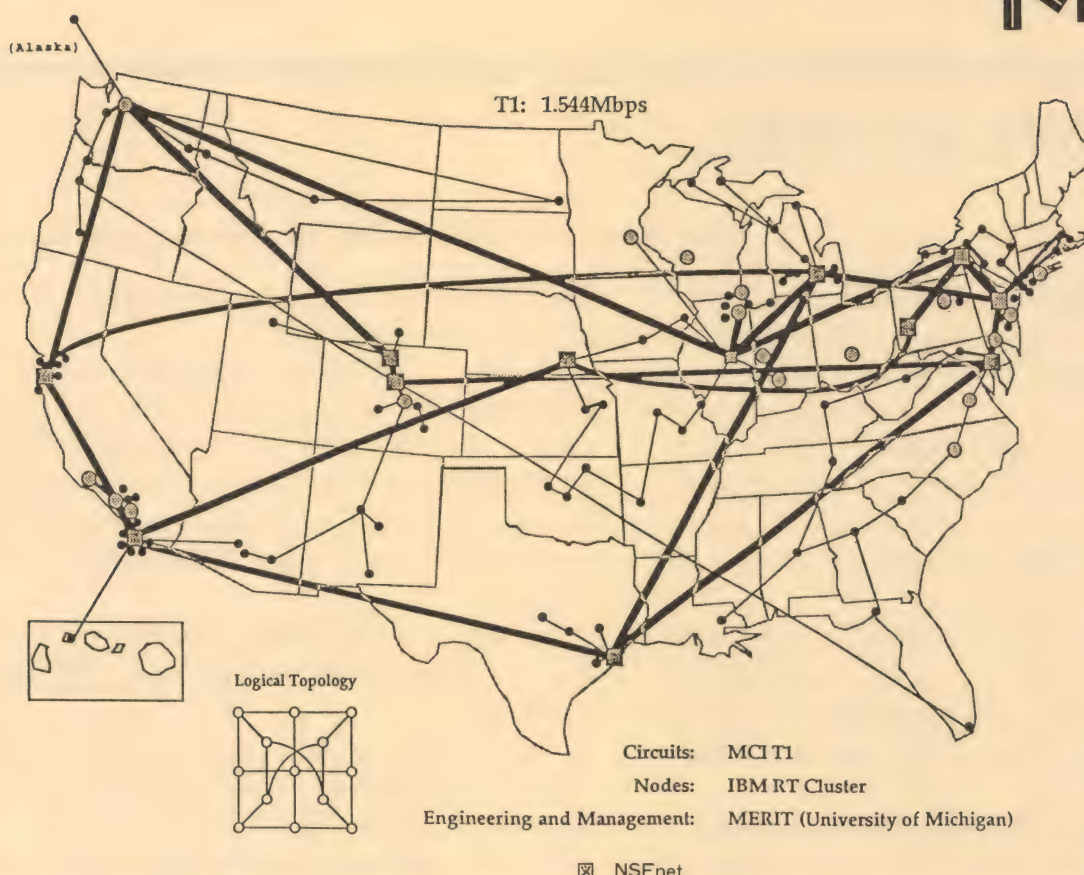
NCSA(National Center for Supercomputing Applications)は，最先端のコンピュータ・サイエンスの技術・道具を駆使して，(1)科学とエンジニアリングにおける進歩に貢献し，(2)アメリカ産業の競争力を高め，(3)コンピュータ・サイエンスそのものを進歩させることを目的としている。

コンピュータ産業が急速な成長を遂げるにつれ，スーパー・コンピュータの環境は，メーカーの乱立と性能差による多階層化のため混沌としたものになっている。しかし，ネットワークの急速な進歩はこの混乱した状態を3階層（スーパー・コンピュータ，ミニ・スーパーコンピュータまたはメインフレーム，ワークステーション）に統合し，分散処理システムの構築を可能にしている。一方，メーカーの違いは異なったOSを意味し，ユーザーの効率的な利用のネックになっている。このため，UNIX，NFS，X-Window，PHIGS+，TCP/IPのようなOS，ユーザー・インタフェースおよび通信プロトコルの標準化が重要である。

NCSAでは，上位のCRAY-2，CRAY-X/MP，中位のAlliant FX/80，FX/8，および下位のIRIS，SunなどをHYPERchannel(10Mバイト/秒)，Ethernet(1Mバイト/秒)，NSFnet(0.2Mバイト/秒)で接続し，OSをUNIXで統一してユーザーの作業環境を良くしている。さらにHDF（Hierarchical Data Format）とよばれる標準ファイルにより，異機種コンピュータ・システム間でファイル転送ができ，各コンピュータ上のデータの互換性を保つことができる。ビジュアリゼーションのための環境としては，FX/8上のソフトウエアで作られたイメージをDMA接続されたグラフィック・システムに高速出力している。今後，上・中位のコンピュータは，より高速なUltraNet(1Gバイト/秒)により接続されビジュアリゼーションのためのアプリケーションのリアルタイム処理にも対応する。

米国では，国規模での分散処理およびリモート・アクセス・ユーザーのために，NSFnet（National Science Foundation net）とよばれるT1回線（1.544Mバイト/秒）で結ばれたネットワーク網を全国規模で構築している（**図**）。

以上で述べてきた環境は，アメリカでの大学，企業，公共研究機関で働く科学者，エンジニアの生産性に著しい影響を与えるであろう。

図 NSFnet

「最新のビジュアリゼーション環境：知識ベース・イメージ・モデリング」

Bruce McCormick (Texas A & M University)

数値計算における形状定義に，一般にますます使用されるようになっているソリッド・モデリングやビジュアリゼーションを効率的に実行できる，高度にインタラクティブかつリアルタイムな視覚化環境のプロトタイプを現在，設計･開発している。この視覚化環境は，複雑な形状のモデリングおよび高度なビジュアリゼーションを行うアプリケーションに適するように設計されている。このような視覚化環境の応用分野としては，人工地震データの解析(石油資源探索)，人工衛星からの地表データの解析，ボイジャーなどの無人探査機からの各種データの解析，数値流体力学(CFD)，宇宙物理学，医学，分子科学，デバイス設計など幅広い分野が考えられる。

この視覚化環境は，次のような機能をもっている。

- モデリングやビジュアリゼーションを行ううえで，ユーザーに使いやすいインタラクティブ・インタフェースの提供
- 視覚によって得られる知識を表現できる一般的・汎用的なモデルの開発，およびそのモデルの適用によるビジュアル知識ベースの生成
- ビジュアル知識ベースとその知識ベース・モデリングを結び付けるワークステーション環境のための各種インタフェースの開発

しかし，ソリッド的なモデリングやビジュアリゼーションのためには，次の3つの点を明確にしなければならない。

- モデリングやビジュアリゼーション環境のためのオブジェクト指向的な記述方法
- 3次元での基本的なオブジェクト(プリミティブ)の動的な有限要素によるモデリング
- 多くの基本的なパラメトリック・オブジェクトから，互いの拘束関係を利用してより複雑なモデルを構成する方法

一般的にオブジェクト・プリミティブは，次のような性質が必要である。

- 近接したオブジェクト間の空間的なつながり関係の保存，または物理的な拘束条件の保持
- オブジェクトそれぞれに固有の座標系での幾何情報の記述
- オブジェクト・モデルは，物理的な現象による変形(弾性変形など)や生物的な過程による変形(成長など)を矛盾なく表現できる物理モデルに基づいている

このようなオブジェクトによるシミュレーションは，従来に比べて非常に多くのCPU時間を必要とするが，複雑な形状どうしの弾性衝突などを簡単にシミュレーションし，その結果をアニメーション表示することができる。

「数値流体力学における視覚化」

Paul Woodward (Minnesota Supercomputer Center)

MSC (Minnesota Supercomputer Center) では，CRAY-2, ETA10 をはじめ，すべてのコンピュータの OS は UNIX で統一されており，Ethernet で接続されている。さらに，NFS により CRAY のファイルにワークステーションから直接アクセスし，ビジュアリゼーションのために利用することができる。このためユーザーは，目的に適したコンピュータを自由に選んで作業し，モデリング，シミュレーションからビジュアリゼーションまでを流れ作業で実現できる。これをビジュアリゼーション・パイプラインとよんでいる。

従来は密度の等値線（等高線）や流速のベクトルを矢印で描画していたが，これらのビジュアリゼーションの手法は基本的に線画である。これに対して，最近の数値流体力学の分野でよく使われている視覚化の手法は，物理量の値の違いを色の違いにより表現する方法である。

このように多くの色を使う視覚化の手法は非常に効果的な方法であり，単に白黒の度合いを変えるグレースケールの場合に比べ，際立って優れている。ただし，どのような色の組合せを選ぶかはきわめて重要であり，興味のある物理現象を浮き出させるように選ぶのがポイントである。この色の選択のうまさは，経験によって大きく左右される。

MSC では，データ量を少なくするため CRAY-2 で行った計算結果を各メッシュ・ポイントで 16 ビットのデータになるように圧縮し，NFS を使ってワークステーションに転送している。

2 流体境界でのケルビン-ヘルムホルツ不安定性の時間発展の様子も，ビジュアリゼーションを用いることにより小さな渦がマージして大きな渦になっていく非線形の現象がはっきりとわかる。

また，異なったスキーム（解法）よる結果をこのビジュアリゼーションの方法により同じ画面に表示すると，両者の違いが一目でわかる。

さらに，コンベクションのシミュレーションでは，画面を拡大したり，違った物理量を並べて表示したりして，ショック伝播の興味深い現象がわかった。

このように，数値流体力学の分野では視覚化はきわめて有用であり，新しい現象の発見に役立っている。

「車体の空気力学」

藤谷克郎（日産自動車）

従来の車の設計手法では，設計者が頭の中のイメージをラフスケッチし，その絵をもとにクレイモデルを制作していた。そして，このクレイモデルを用いて風洞実験を行い，車体の空気力学的検討および詳細設計を行っていた。その後，CAD に形状を取り込み，生産に役立てている。

イメージ──→クレイモデル──→CAD──→生産
　　　　　　　|
　　　　　風洞実験

ところが，最近の CAD の発達により設計作業の CAD 化が進み，設計者は頭の中のイメージを CAD システムに直接入力し，詳細設計も CAD システムで行っている。このためクレイモデルの必要性が減少し，車体の空気力学的検討の方法として CAD システムのデータを用いた数値流体力学によるシミュレーションと，その結果の視覚化が重要になってきている。

イメージ──→CAD──→(クレイモデル)──→生産
　　　　　　|
　　シミュレーション─ビジュアリゼーション

ビジュアリゼーションは特に流れの詳細な表示に力を入れており，CD 値の検討・改良に利用している。

現在のシステムは，CRAY X-MP/12 で計算した結果をテープを用いて CONVEX C-1 にオフラインで移している。表示には，CONVEX C-1 と Ethernet で結ばれた IRIS 4D/60T を使っている。

ある時刻のストリームラインの表示，車体の形状のシェーディング表示，3 次元ビューイングの変更は IRIS 4D/60T で行い，非定常な物理量──例えばタイムラインやストリークラインの表示は，CONVEX C-1 で必要な計算をし，その結果を IRIS 4D/60T に転送して表示している。

シミュレーションは，ナビエ-ストークス方程式と非圧縮条件を差分法を用いて車体の形状に適した一般化座標系で解いている。メッシュ・ポイントの数は，近未来車とワン・ボックス車の場合は 45,000 点，ニュー・シルビアの場合は 450,000 点である。

シミュレーションの結果を視覚化した流れの様子と，風洞実験の可視化の結果は一致している。

「コンピュータ・グラフィックスと計算機化学」

David A.Pensak (E.I.DuPont de Nemours Inc.)

化学者は，次のような事柄のために分子軌道法などの手法を用いて計算する。

- 分子の構造を決定するため
- 分子の構造とその分子のもつ性質の関係を予測するため
- 反応時間がきわめて速くて観測できない過程や，逆にきわめて遅くて何回も実験できない過程をシミュレーションするため
- 観測が困難な物事の研究のため

化学者が計算するものは，主に分子の構造および幾何形状，個々の原子の性質，原子軌道・分子軌道，分子のエネルギー，分子の運動などである。

化学者が視覚化したいものは，分子の構造，原子軌道・分子軌道，分子動力学の結果などである。

分子構造の視覚化は，分子間を線画で結んだだけのスティック表現に始まり，シェーディングによりスティックに肉感をもたせたり，分子を球で表現する方法やレンダリングにレイ・トレーシングを用いる場合もある。さらに，透過表示やテクスチャ・マッピングによって興味のある分子を強調したりする。

しかし，ここで注意したいのは，より高度な視覚化によって得られるのは単に見やすさだけであって，その分子構造が表している情報量は同じだということである。ビジュアリゼーションにとって本当に必要なのは，スーパー・コンピュータや優れたグラフィック・システムではなく，その分子構造が表していることをじっくりと考えることなのである。

分子動力学のアニメーションは，時間や温度の関数として分子の相互作用を表示し，なぜ分子がそのような振舞いをするのかを理解する助けとなっている。しかし，このアニメーションには莫大な時間と経費が必要となる。

このため，バタフライ・マシンやトランスピュータを用いた並列計算機で，効率良く安価に分子計算ができるよう研究を進めているところである。

計算機化学の最終目標は，設計者が希望する性質をもった分子構造を設計することであり，視覚化は有効なツールになると思われるが，ビジュアリゼーションそのものが目的ではないことを忘れてはならない。

「フラクタル幾何学：自然の視覚的言語」

Richard Voss (IBM Thomas J.Watson Research Laboratory)

フラクタルという概念は1975年にマンデルブローが初めて導入したが，わずか13年の間にフラクタルに関する研究は急速に広まり，最近の最もアクティブな科学の一つとなっている。これは，コンピュータとビジュアリゼーションの著しい発達に負うところが大きいと思われる。

科学の目的は，自然の中に存在している簡単な法則やモデルのような，自然のもつデータを圧縮するアルゴリズムを発見することであるが，この圧縮アルゴリズムを記述するのが科学の“言語”である。

幾何学は，物の形状を表現したり取り扱ったりするための“言語”であるが，古典的なユークリッド幾何学の言葉である三角形，円や円錐を表す代数的な数式では，自然のもつ不規則で複雑な形状をうまく表現できない。すなわち，山は円錐では表せないし，雲は球では表すことができない。

一方，フラクタルの特徴は自己相似性というシンメトリにある。自己相似性とは，ある形状をいくら拡大してもその形状は拡大前と同じ構造をもっていることである。コッホの雪片曲線は，いくら拡大してもその優雅な形状が崩れることはないし，フラクタル惑星の海岸線はいくら拡大しても拡大前と同じ見え方をする。このことを理解するのにはビジュアリゼーションが最適であろう。

この自己相似性は，一般には非線形の反復規則によって記述することができる。その定量化には，フラクタル次元とよばれる量が用いられている。フラクタル次元はフラクタル幾何学の言葉なのである。

マンデルブロー集合のビジュアリゼーションは，マンデルブロー集合のもつ不思議な自己相似性と，その芸術的な形状のため多くの人を夢中にさせたが，この形状の中には数学的に興味深い現象が隠されていたのである。

フラクタルがもっているシンメトリは，自然がもっている一見不規則で複雑な形状の中に潜んでいる規則性・シンメトリと同じなのである。山・海岸線・雲・植物も，フラクタルを使えばごく自然に形状表現ができる。

フラクタルは自然のもつ情報を圧縮する言語であり，フラクタルによって人工的であるにもかかわらず自然な世界と新しい不思議な世界をつくり出すことができる。

400万円台の3次元ソリッド対応グラフィック・ワークステーション

YHP

横河・ヒューレット・パッカードは，400万円台で本格的3次元ソリッド対応グラフィック・エンジンを搭載した低価格グラフィック・ワークステーション「HP9000モデル319SRX」を発表，販売を開始した。

モデル319SRXは，HP9000シリーズ300の上位モデルであるモデル360/350SRXと同一のグラフィック・エンジンを搭載し，3次元ソリッド・グラフィックスをシェーディングや隠面処理を含めて1万ポリゴン/秒で描画することができる。

今年5月に発表されたモデル835/350TurboSRXで，ハイエンド3次元ソリッド対応EWSを強化したのに加え，エントリ・レベルの3次元ソリッド対応EWSモデル319SRXの発表により，今後ますます需要が多様化する3次元グラフィックス市場に十分対応できるラインアップ構成が用意された。

グラフィック・エンジンは，自社開発のカスタムVLSIを50個搭載し，3次元ソリッド・イメージを対話的に操作できる。CRTは16インチ解像度1,280×1,024ピクセルのビットマップ・ディスプレイを標準装備。フレーム・バッファとしては，標準で8プレーン，またオプションで32プレーンまで拡張でき，最大1,670万色同時表示が可能である。さらに，4プレーンまでのオーバレイ・プレーンを標準で装備しているため，メニューなどが高速に表示される。

CPUには，16.6MHzのMC68020をベースに浮動小数点演算プロセッサとして16.6MHzのMC68881を採用，2.3MIPSの演算処理能力をもっている。また，主記憶は最大16Mバイトまで拡張可能で，高度な3次元ソリッド・モデラーにも十分対応できる。

低価格化により，エンジニア1人に1台が要求される3次元機械系CAD，容器設計，建築系CAD，マッピング，コンピュータ・アニメーションなどの3次元ソリッド対応アプリケーションで大量導入が期待できる。

HP9000テクニカル・コンピュータ・ファミリーのOSであるHP-UXは，ディスクレス機能を実現した。ディスクをはじめとするプリンタやプロッタの共有使用を可能としているため，大量導入の際に問題となる2台目以降のシステムのコストの大幅削減が可能である。

システムは，CPU本体，16インチ・カラー・モニター，主記憶4Mバイト，キーボード，HP-UX，NFS，NS/ARPA使用権から構成される。価格は463万5,000円である。

問合せ先：横河・ヒューレット・パッカード株式会社　マーケティング部テクニカルコンピュータ課
〒168　東京都杉並区高井戸東3-29-21
☎03(335)8234

20MIPSのIRIS最上位機種2機

日本シリコングラフィックス

日本シリコングラフィックスは，同社のグラフィック・ワークステーション・シリーズであるIRIS 4Dシリーズに最上位となる2機種を追加した。これは「IRIS 4D/80GT」と「IRIS GTXアップグレード」である。

IRIS 4D/80GTは，CPUであるR2000とFPUであるR2010のクロック周波数を4D/70の12.5MHzから16.7MHzに上げ，13MIPS，1.5MFLOPSの演算能力をもつ。グラフィック描画速度は，8万ポリゴン／秒（1ポリゴンは10×10ピクセル，四角形ポリゴン，Zバッファ処理，グロー・シェーディング処理後)となっている。

GTXアップグレードは，4D/80のCUPを2個搭載した「対称型デュアル・プロセッサボード」と「GTグラフィック・システム」からなり，IRIS GTからのアップグレードが可能となっている。20MIPS，2.3MFLOPS，10万ポリゴン/秒(1ポリゴンは10×10ピクセル，四角形ポリゴン，Zバッファ処理，フォン・シェーディング後)の図形表示が可能である。また，フレーム・バッファ・アクセス・スピードは4D/70GTの8倍となっており，NURBSをハードウエアでサポートしている。

最上位機種となるIRIS 4DGTXのシステム構成はCPU，FPUともに2個，キャッシュ・メモリ384Kバイト，ECCメモリ8Mバイト(128Mバイトまで拡張可)，19インチ・カラー・モニター，1,280×1,024×96ビットのディスプレイ・メモリ，170Mバイト・ハードディスク(最大9.6Gバイトまで拡張可)，IRIXオペレーティング・システム，CおよびプログラミングTool・ツール，4Sight Windowシステム，グラフィック・ライブラリとなっている。

価格はIRIS 4D/80GTが最小構成で1,887万9,000円。IRIS GTXアップグレード(4D/80GTから)が525万円となっている。

問合せ先：日本シリコングラフィックス株式会社　営業本部
〒150　東京都渋谷区恵比寿4-6-1
☎03(473)8431

ウェーブフロント製3次元CGソフトのYHP/テクトロ・バージョン

住商電子システム

住商電子システムは，米国ウェーブフロント・テクノロジーズ社が開発・販売を行っているCG用ソフトウエア「ダイナミック・イメージング・システム」を，横河・ヒューレット・パッカード社とソニー・テクトロニクス社のEWSに搭載し，販売を開始した。

ウェーブフロント・テクノロジーズ社はCGの分野で世界的な先進的ベンダーであり，エンターテイメント分野をはじめとしたプレゼンテーション分野において実績を上げている。住商電子システムでは，かねてよりCGのプレゼンテーションの需要が高まっているインダストリ分野に注目し，同分野に強い販売力をもつYHP社製3次元エンジニアリング・ワークステーションHP9000シリーズ350TurboSRX，14MIPSの演算処理速度をもつ835TurboSRX，そしてソニー・テクトロニクス社の超高速3次元グラフィック・ワークステーション4337型に移植を行ったものである。

インダストリ分野でデザインに用いられるCADとCGのシステムでは，同一ワークステーション上で稼働するソフトウエアが非常に少ないが，ウェーブフロントのソフトウエアは，オープンアーキテクチャ・アプローチを採用し，データ形式を公開しているためにCADとのデータ通信が容易に行えるという特徴をも

っている。今回の同ワークステーションへの搭載により,CADを含めたインダストリ向けソフトウエアと同一ハードウエアで3次元グラフィックス処理が可能で，実質的なコストダウンを図ることができる。

ダイナミック・イメージング・システムは，キーフレームを設定するだけでその間の動きはシステムが自動的に中割りし,その中割りパターンは18種類の設定が可能である。モーション・データも入出力機能をもち，科学技術計算結果もウェーブフロントに取り込み,シミュレートすることが可能である。また8種類のレンダリング・モデルを持ち，実世界の光のシミュレーション・ソフトやレイ・トレーシングまでもサポートしているため，実世界において試作モデルの映り込みの正確なシミュレーションも可能である。さらに,CGの表現方法をデータベース化しているため，誰でも材質感の違いの表現が簡単に行えるという。

ソフトウエア価格には1年間のメンテナンス費用も含まれ，350TurboSRXと4337版は500万円，835版は1,000万円である。

問合せ先：住商電子システム株式会社
電子機器第1部
〒102　東京都千代田区平河町2-6-2
☎03(234)6215

ハイパーキューブ構造の同時処理型コンピュータ

インテルジャパン

インテルジャパンは，ハイパーキューブ構造によるパーソナル・スーパーコンピュータ「iPSC/2シリーズ」の国内販売を開始した。最大1.2GFLOPSの性能をもち，流体力学の数値解析などに利用できる。

iPSC/2シリーズは,インテル80386マイクロプロセッサ複数個を結合して超立方体構造(ハイパーキューブ)のアーキテクチャを実現している。MIMD処理が可能であり，SIMD型のアレイ・プロセッサやミニ・スーパーコンピュータとは異なる同時処理(Concurrent Processing)を行うことができる。

同シリーズは基本システム，スカラー拡張バージョン，ベクトル・バージョンの3つのバージョンに大別され，それぞれ最小16ノードから最大128ノード(ベクトル・バージョンのみ64ノード)までのシステム構成が可能である。最高速システム(ベクトル・バージョン)で64ビット演算を行う場合では424MFLOPS，32ビット演算では1.2GFLOPSのピーク性能をもつ。

OSはUNIX System V R.3.0，ノードには専用ソフトウエアを採用している。言語としてはFORTRAN，Cが標準で提供される。

価格は，基本システムが2,574万円から，スカラー拡張バージョンが3,120万円から,ベクトル・バージョンが5,070万円からとなっている。

問合せ先：インテルジャパン株式会社
システム・グループ
〒300-26　茨城県つくば市東光台5-6
☎029747-8904

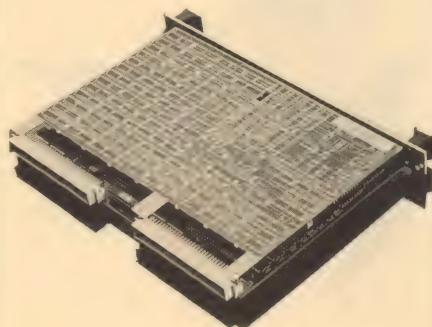
Sun用ニューロコンピューティング・ボード

住商電子システム

住商電子システムは，米国ヘクトニールセン・ニューロコンピュータ社の開発によるSun-3用ニューロコンピューティング・システム「ANZA Plus/VME」の販売を開始した。

ANZA Plus/VMEを利用することにより，Sunユーザーの研究者やアプリケーション開発者はニューラルネットワークの実行を，ソフトウエアのみの場合と比較して約500倍高速に行うことが可能である。さらに，使用されるコ・プロセッサ・ボードは，1スロット・サイズで消費電力も少ないため，信頼性の高いニューラルネットワーク開発環境が提供される。

ハーバード・アーキテクチャ採用の超高速浮動小数点プロセッサを搭載し，これと10Mバイトの大容量メモリとを密に結合させることで，高速度でニューラルネットワークの処理を実現している。従来のシステムに比べ約5倍の規模のニューラルネットワークを構築した。

従来のANZA上で開発された全ニューロソフト・アプリケーションと完全な互換性をもち，かつ処理能力の向上がなされている。

価格は750万円。ボード用アセンブラ，ディスアセンブラ,Cコンパイラ,デバッガ，AXON通信を含むオプション開発用ツールは250万円である。

問合せ先：住商電子システム株式会社
電子機器一部
〒102　東京都千代田区平河町2-6-2
☎03(234)6215

機械系・光学系までモデル化できるアナログ・シミュレータ

伊藤忠テクノサイエンス

伊藤忠テクノサイエンスは，米国アナロジー社(オレゴン州ビーバートン)が開発したアナログ・シミュレーション用ソフトウエア「SABER」の国内販売を開始した。このソフトウエアの大きな特徴は，アナログ・シミュレータとしては初めてビヘイビア・モデル記述機能を取り入れることによりミックスレベルでのシミュレーションを可能としたこと，電気回路だけでなくモーターや光センサーなどの機械系，光学系などもモデル化することによりシステム全体をシミュレーションすることができる，などの機能をもつことである。

この他の特徴としては，SPICEがプリミティブ・レベルのみであるのに対してコンセプト設計の段階からシミュレーションを利用できる,非線形回路を扱える，アナログ/デジタル混在回路を取り扱える，イベントのスケジューリングができる，異なる2つの単位系を関数とするモデルを作成できる，過去の状態をアクセスできる，といった新しい機能が取り入れられていることがある。また，SPICEのネットリストおよびモデル・ライブラリをそのまま取り込むことができ，SPICEのもつ機能を包含している。

稼働可能なコンピュータは，Sun-3/4/386i, Apollo DOMAINシリーズ，VAXシリーズなどの標準エンジニアリング・ワークステーションである。価格はソフトウエアのみで700万円(Sun-3/50用)から2,600万円(VAX8600用)まで。

問合せ先：伊藤忠テクノサイエンス株式会社　EDA営業部
〒154　東京都世田谷区駒沢1-16-7
☎03(419)9215

1,677万色フルカラーの画像処理システム

ヨンマルゴ

ヨンマルゴは，1,677万色フルカラーの画像処理システム「PEN(Planning Equipment for Neo-Needs)」の販売を開始した。

PENは環境デザインやサイン・デザインなどの業務での使用を目的としている。

画像データの入力は，イメージ・スキャナあるいは入力用カメラにより，コピー感覚で簡単に行うことができる。出力はCRTと同時にカラー・プリンタに対して行うことができ，画面上で作成した画像をフルカラーで資料として使用することができる。また，キーボードを使用せずに,入力はすべてタブレットで行う。加えて，入力画像の色変更・削除・合成などを，コマンドにより簡単に行うことができる。

システムは，ハードウエア部がCPUにi80286，浮動小数点プロセッサにi80287, 20Mバイト固定ディスク, 1MバイトFDD×1基，CRT，タブレット，カラー・イメージ・スキャナ，カラー・インクジェット・プリンタ，ソフトウエアから構成されている。

価格は約500万円である。

問合せ先：株式会社ヨンマルゴ
〒136　東京都江東区亀戸3-58-3
☎03(683)7771

半導体回路の設計から製造まで一貫体制を確立

CRC

センチュリ リサーチ センタは，米国フェイズ・スリー・ロジック社の半導体回路設計用ソフトウエア「Cap Fast」と，米国ABアソシエーツ社の半導体回路解析用ソフトウエア「I-G SPICE」の販売を開始した。

Cap Fastは半導体回路の設計用ソフトウエアであり，スチマティック・エディタとシンボリック・エディタの採用により，回路図の入力時間の大幅短縮と入力ミスの減少を実現した。

I-G SPICEはすでに多くの実績をもつ回路シミュレータであり，アナログ回路だけでなくアナログとデジタルの混合回路の解析も可能である。また，従来のSPICEと比較して2倍以上の高速化を実現するとともに，ワーストケースの解析，モンテカルロ解析，最適化，感度解析などの機能が追加されている。

価格は，Cap Fastが35万円，I-G SPICEのメインフレーム(IBM, CRAY)版が900万円, EWS(DEC, Sun, Apollo)版が450万円。I-G SPICEには，マニュアル2冊と22時間トレーニング・ビデオが含まれている。

問合せ先：センチュリ リサーチ センタ株式会社　応用技術第1部
〒103　東京都中央区日本橋本町3-6-2
☎03(665)9763

日影・逆日影・斜線制限解析機能をもつ建築企画支援システム

ARCヤマギワ

エイ・アール・シー・ヤマギワは，日影・逆日影・斜線制限解析機能をもった建築企画支援システム「APS(Architectural Planning System)」の販売を開始すると発表した。

同社は,昭和62年2月に日影解析システムを発表し，販売・サポートを行ってきた。建築企画支援システムAPSは，昨年の改正法に準拠した斜線制限解析，および大幅な新機能の追加を行ったことにより名称変更をしたものである。従来のシステムの既存ユーザーには，発展バージョンのAPSを順次インストレーションする予定という。

APSの日影解析機能としては，緯度・経度，月日，受影面の高さなどさまざまな要求条件に対応し，日影データ表，日影図，日照図，天空図，日影時間バーチャートなどの高精度な出力ができる。また，建物が敷地周辺に及ぼす日影を3次元的に解析するためのSVS上での日影プレゼンテーションも可能である。

逆日影解析は，塔状，カットタイプ，朝型，夕型，または優先順位によるブロックプランなどの豊富なアルゴリズムの中から，指定する計算ロジックに従い，任意の敷地において逆日影の解を特定化することができる。階高等高線，断面図，面積表，測定点単位のバーチャートを作成し，SVSによる3次元カラー表示も可能である。

斜線制限解析は，建物のセットバックによる道路・隣地斜線制限の緩和，壁面線指定，特定道路接続による容積率制限の緩和など,昭和62年改正の建築基準法に準拠している。階高等高線，断面図，面積表の作成，斜線制限ボリュームの3次元表示，建蔽容積率チェックなどを行い，敷地の条件や形状が自由に設定できる。

APSは，2次元汎用設計製図システムGDSの図形処理機能を活用して入出力を実行する。GDSや3次元システムSOLIDで構築した建物データが利用可能である。

APSのソフトウエア価格は450万円である。しかし，APSの実行には基本ソフトウエアGDSが必要で，GDSのソフトウエア価格は1,000万円となっている。

問合せ先：エイ・アール・シー・ヤマギワ株式会社　システム営業部
〒151　東京都渋谷区千駄ヶ谷1-7-16
☎03(405)7811

機械設計専用CADシステムの新モデル2機種

グラフテック

グラフテックは，機械設計専用CADシステム「G-Station」とネットワーク型CADシステム「AIDAM」を，グラフテックエンジニアリングを通して販売した。

G-Stationは，専用CPUを3基搭載することにより超高速性を実現。また，ワードプロセッサとしても使用可能である。システムは，CPU(ホストEWS)に4Mバイトのメモリ，80Mバイトの固定ディスク，3.5インチFDD，1,024×780ドットのCRT,ソフトウエアから構成されている。

AIDAMは，EWS部と32ビット・パーソナルコンピュータによるグラフィック部を組み合わせたネットワーク型CADシステムであり,図面の集中管理が可能となっている。また，Ethernetにより1台または複数のEWS部と複数のグラフィック部を接続することが可能であ

り，他システムとの互換性およびシステムの拡張性に優れている。OSにはUNIXを採用，グラフィック部でMS-DOSの市販パッケージ・ソフトを使用することが可能である。

AIDAMは，基本ソフトウエアとして2次元製図ソフトと3次元ワイヤー・フレーム・ソフトが装備されているが，オプションで3次元ソリッド・モデラー，IBMのCADAMとのデータ交換インタフェース，NCデータ出力装置などが追加できる。入力にはタブレットを使用するが，オプションでスキャナも接続可能。

価格はリースの場合で，G-Stationが12万円/月，AIDAMが25万円/月となっている。

問合せ先：株式会社グラフテックエンジニアリング
〒108　東京都港区港南2-13-31
☎03(450)0511

論理回路設計システムの機能強化版

日本・データゼネラル

日本・データゼネラルは，従来よりサポートを行ってきた論理回路設計システムTEO/Electronicsに，日本語処理機能と統合オフィス・システムCEOとの統合機能を追加，新機能をサポートした「TEO/Electronics」の販売を開始した。

TEO/Electronicsは，DS/7000シリーズのEWSで稼働し，ゲートアレイなどのASICやプリント基板の開発に必要な電子論理回路設計，論理シミュレーションなどの機能をもつ設計支援システムである。

新システムは，ロジック・デザイン・システムにおいて日本語入力が可能になり，JIS第1/第2水準の漢字と8万語の一般用語辞書を装備した連文節変換機能のある仮名，ローマ字をはじめとする6種の変換方式が利用できるなど，強力な日本語処理機能がサポートされている。

CEOコンパウンド・ドキュメントは，同社の提供する統合オフィス・システムCEOの日本語ワードプロセッサにより作成された文書に図やグラフ，イラストなどを組み込む機能である。TEO/Electronicsより出力されたグラフィックス・データをコンパウンド・ドキュメント側で利用するインタフェース・ソフトウエアを開発したことにより，回路図やシミュレーション結果図をレイアウトした日本語文書の作成や，電子的保管をCEOによって行うことが可能である。

TEO/Electronicsは，主記憶8Mバイト，160Mバイト固定ディスク，FDD，19インチ・カラーCRT，マウス，LANインタフェース装備のEWS　DS/7400とOS，そしてTEO/Electronicsソフトの論理設計ソフトウエアと論理シミュレーション実行用ソフトウエアから構成され，価格は約640万円である。

問合せ先：日本・データゼネラル株式会社　営業推進部
〒105　東京都港区虎ノ門4-3-13
☎03(438)9860

アドバンスド・グラフィック・ワークステーション

サン・エンジニアリング

サン・エンジニアリングは，Sun-3に接続して高度なグラフィック・ワークステーションとして利用できるメガテック社の開発したグラフィック・エンジン「SIGMA20」の販売を開始した。

SIGMA20は，業界標準となっているSunのEWSをプラットフォームとして採用。これらの豊富な開発ツールとSunのオープンなネットワーク・コンピューティング・コンセプトにより，ソフトウエアの開発時間の短縮を図れるという。

SIGMA20シリーズは，Sun-3/60，Sun-3/200，Sun-4/100，Sun-4/200からの選択が可能で，各システムにはSunのOSのための2つのユーザー・ライセンス，スタンダード・コンパイラ・ユーティリティのツールが付属している。

グラフィック・サブシステムとしては，ユーザーがリアルタイムにディスプレイから応答を得られるように十分なパワーを提供している。SIGMA20システムの核として2次元30万ベクトル／秒，3次元20万ベクトル／秒の速度で変形，描写をすることができるグラフィック・パイプラインがあり，この他に特殊なハードウエアの採用により多くのワークステーションにみられるボトルネックの解消を行っている。

SIGMA20は，複数のディスプレイやグラフィック・エンジンの付いたシステムなど，数々の構成を提供しており，オプションとしてサーフィス・レンダリングなども用意されている。

価格は，Sun-3/60とソフトウエア，SIGMA20を含めた構成で880万円。

問合せ先：株式会社サン・エンジニアリング　〒106　東京都港区六本木3-1-30
☎03(585)8211

OS/2対応のパソコン用グラフィック・ライブラリ

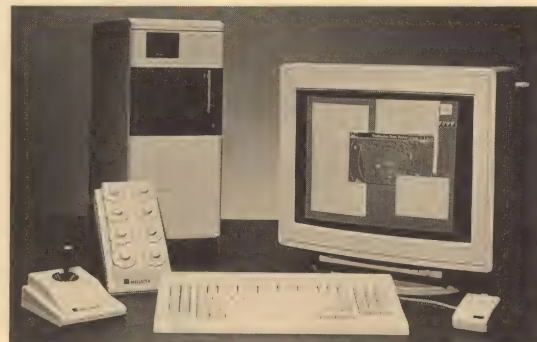
三菱総合研究所

三菱総合研究所は，従来よりパーソナルコンピュータ用グラフィック・ライブラリの開発・販売を行ってきたが，新たにPC-9801用OS/2対応製品群を開発し，発売すると発表した。

C言語対応の高機能3次元グラフィック・ライブラリ「GRIPC(3D)OS/2対応版」と，FORTRAN対応の高機能3次元グラフィック・ライブラリ「CORE-PC OS/2対応版」，そして大型機やミニコンピュータ上でカルコンプ社のプロッタ・ルーチン群を使用して作成されている既存のプログラムを，パーソナルコンピュータでそのまま利用できるカルコンプ・コンパチブル・グラフィック・ライブラリ「PLOT-PC(PLUS)OS/2対応版」の3製品である。

価格は，GRIPC(3D)OS/2対応版が15万円，CORE-PCOS/2対応版が20万円，そしてPLOT-PC(PLUS)OS/2対応版が10万円である。

問合せ先：株式会社三菱総合研究所　数理工学部理工学第一室
〒100　東京都千代田区大手町2-3-6
☎03(277)0578

new products

試作品の動特性解析に適した IBM6100用CAEDS

日本IBM

日本アイ・ビー・エムは，IBM6100用のCAEソフトウエアであるCAEDSのパッケージ「CAEDS6100第3版」と，「CAEDS6100第3版テスト・データ解析プログラム(TDAS)」を発表した。

このうちTDASは，製品開発の過程で行うCATにおいて実験データ解析や解析結果の管理を行うことができる。構造物の振動実験の解析や，開発製品と既存の部品との適合性のチェックが可能になった。また，試作品の動特性の解析に適しているため，実験・解析データを統合してシミュレーションするBBA(ビルディング・ブロック・アプローチ)が強化されている。

価格は，CAEDS6100第3版が63万円から，CAEDS 6100第3版テスト・データ解析プログラムが420万円(基本料金)からとなっている。

問合せ先：日本アイ・ビー・エム株式会社　報道担当
〒106　東京都港区六本木3-2-12
☎03(586)1111

従来機種の2倍コスト・パフォーマンスのスーパー・ミニコン

日本・データゼネラル

日本・データゼネラルは，需要の多い普及型スーパー・ミニコン市場における競争力を強化したスーパー・ミニコン「ECLIPSE MV/2500」をECLIPSE MVファミリーの下位製品ラインに追加し，販売を開始した。

MV/2500は，ECLIPSE MVファミリーの統一アーキテクチャを採用し，処理速度1,650KWIPS，最大主記憶24Mバイト，最大内蔵ディスク容量644Mバイトの性能を，コンパクトなキャビネットに収めた小型スーパー・ミニコンである。

MV/2500は，最大64端末を同時に接続して使用でき，科学技術計算，エンジニアリング，統合OAなど多様な分野における中小規模の部門，プロジェクト・チーム程度の規模の業務処理に最適な性能を備えている。上位または下位のMVファミリー各機種との完全互換が保たれており，MVファミリーの豊富なソフトウエア資産を利用することが可能である。

標準システムは，CPU基本ユニット，主記憶8Mバイト，322Mバイト固定ディスク，22Mバイト磁気テープ，2ライン・アシンク・ポート，1ライン・プリンタ・ポート，OSライセンス，ターミナル1台から構成され，価格は約760万円である。

問合せ先：日本・データゼネラル株式会社　営業推進部
〒105　東京都港区虎ノ門4-3-13
☎03(438)9860

ディスクレス環境に対応する低価格ネットワーク・サーバー

YHP

横河・ヒューレット・パッカードは，複数のEWSをLANを介して接続する際，大容量のディスク装置や周辺装置をユーザーが共有し，EWSごとにディスクなどをもたないといったディスクレス環境を容易に構築するためのネットワーク・サーバー「HP9000モデル15NS」を発表，販売を開始した。

HP9000モデル15NSは，LANで接続されたディスクを持たないノード・コンピュータ（ディスクレス・ノード)をリモートから立ち上げ，リモートからのファイル・アクセス，リモートからの仮想記憶サービスを提供し，ディスクレス・ノードでも十分な作業環境を実現。本サーバー1台に対して，最大255台までのディスクレス・ノードをサポートしている。

また，標準で304Mバイト，最大で3.9Gバイトまでのディスク容量をサポート。このため，ディスクレス・ノードの追加，ファイルの増加に対しても容易に対応できる。各ディスクレス・ノードからは，同一のファイル構造にアクセスできるため，情報の一元化が実現できる。

HP9000モデル15NSの価格は，8Mバイト・メモリ標準，304Mバイト・ディスク内蔵，60MバイトCT，HP-UX，キーボード，LANを含む構成で，451万円である。

なお，学校・教育機関向けに，ネットワーク・サーバーHP9000モデル15NSとエントリ・タイプEWS，HP9000モデル318Mのセットで約510万円という特別価格も設定されている。

問合せ先：横河・ヒューレット・パッカード株式会社　マーケティング部テクニカル・コンピュータ課
〒168　東京都杉並区高井戸東3-29-21
☎03(335)8234

X-Window上で操作可能な高速画像処理開発支援装置

日本システムデザイン

日本システムデザインは，ソニーのNEWSのX-Windowからメニュー形式で操作できる高速画像処理支援装置「IDS200」を開発し，販売を開始した。

IDS200は，NEWSとVMEバスで直結することによりX-Window上でプログラム開発を支援することが可能である。2Mバイトのメモリをもち，ハードウエア・スクロール機能で1,024×1,024フレーム中の任意のドットの読出しが可能であり，A/D, D/Aユニットでは入力，演算用のルックアップ・テーブルを採用し，高速なデータ処理を行うことができる。また，オプションでフルカラーでの処理が可能である。

価格は，画像処理用ハンドラ・ソフト「IDX-SX」込みで150万円である。

問合せ先：日本システムデザイン株式会社　〒730　広島市中区上八丁堀3-6
☎082(222)2112

HOOPSをベースにしたパーソナル3次元CAD/CAMソフト

ファモティク

ファモティクは，米国マイクロ・エンジニアリング・ソリューション社(ミシガン州デトロイト)が開発したパーソナル3次元CAD/CAMソフトウエア「SOLUTION-3000」を発表した。

特徴としては，充実した3次元ワイヤー・フレーム・モデル，マルチビュー，オープン・アーキテクチャ，そして3次元グラフィック・ライブラリであるHOOPSを採用したことによる3次元表現力とポータビリティなどがある。

製品構成としては，3次元CADの基本

パッケージの他，デザイナー・サーフィス(ベジエ曲面をサポートしたパッケージ)，アドバンスト・サーフィス・モジュール(クーンズ・パッチ・サーフィスをサポート)，トリムド・サーフィス(トリムド・サーフィスをサポートしたモジュール)，さらにIGES, DXFのトランスレータも用意されている。

適応機種はSun-3，NEWS，PC-9801(神戸製鋼所製Personal HOOPSが必要)，AXなどで順次拡大していく予定である。

価格は基本パッケージが85万円，デザイナー・サーフィスが23万円，アドバンスト・サーフィス・モジュールが80万円，トリムド・サーフィスが40万円である。

問合せ先：ファモティク株式会社
〒150 東京都渋谷区代官山町7-8-404
☎03(780)4681

ロゴマーク作成に利用できるスキャナ・システム

マトリクス

マトリクスは，PC-286Vシリーズと組み合わせ，商店から一般企業までを対象としたロゴマーク作成，POPデザイン，簡易図形読取り作業に適した低価格，高画質のスキャナ・システム「Gロボ」を開発，販売を開始した。

従来のスキャナ・システムは，精度を上げるために高価な高精細イメージ・スキャナを利用したうえに，取り込んだ膨大なデータを処理してベクトル変換しているため変換速度に比例してコストも上昇していたが，Gロボではソフトウエアの変換速度のカバーを独自のデータ変換ユニットで行うことにより，処理速度の向上と出力データの高精細度化を実現し，市販の低価格カッター・プロッタを利用した低価格カッティング・システムの構築を可能とした。

ディスプレイ業界で重要とされる，書体形状と文字バランスに重点をおいた本格的な文字書体を低価格で提供する。特に，使用頻度の高い英数字5書体と300種のタイトル集を標準装備し，商店から百貨店まで幅広い対応を可能としている。また，オプション書体として，主に漢字JIS第1水準の明朝体，丸・角ゴシック体など7書体が用意されている。

ハンディ・スキャナで取り込んだ図形やマークの他，オプション書体の変形加工などの簡易CAD機能を内蔵しているため，編集も容易に実行可能である。メニューにはアイコンを採用しており，マウスと併用することでコンピュータの初心者でも気軽に利用できる。

標準的なシステム価格が198万円より，オプションの漢字7書体がセットで100万円となっている。

問合せ先：株式会社マトリクス
〒156 東京都世田谷区桜丘5-21-11
☎03(425)7775

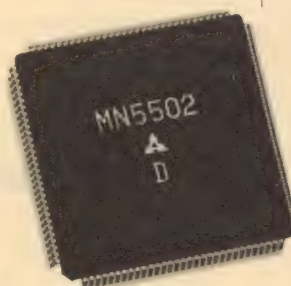
LTパソコン，ワープロ対応 1チップ画像表示コントロールLSI

松下電子工業

松下電子工業は，市場が急速に拡大しているラップトップ・パソコンやワードプロセッサの画像表示用として，業界初の最大画面サイズ720×512ドットのLCD(液晶ディスプレイ)，およびPDP(プラズマ・ディスプレイ)の高解像度表示，CRTの表示制御機能を兼ね備えた1チップ画像表示コントロールLSI「MN5502」の開発に成功，量産を開始すると発表した。

MN5502は，小型・軽量化するラップトップ・パソコンやワードプロセッサに最適な画像表示コントロールLSIとしてLCD，PDP，CRTの表示機能をもち，しかも周辺回路を内蔵したものである。

画像表示制御部を1チップで実現したため，IBM PC用のCGAボードを構成した場合，従来では14個のLSIが必要であったがMN5502を使用すると5個のLSIで可能である。

IBM PCのCGA，MDA規格にも互換可能で，大画面パソコン，ワードプロセッサに対応して最大712×512ドットまで表示できる。独自の設計とCMOSプロセスで低消費電力を実現，特にバッテリ駆動のラップトップ・タイプの製品には最適である。

サンプル価格は，3,000円である。

問合せ先：松下電子工業株式会社 半導体事業本部応用技術センター
〒101 京都府長岡京市神足焼町1
☎075(951)8151

大容量のカルコンプ・プロッタ用バッファ装置

ICL

インフォメーション アンド コントロール研究所は，カルコンプ・プロッタ用の2Mバイト/4Mバイト・バッファ装置「SCS-12」を開発，日本カルコンプ社と共同で販売を開始した。

SCS-12は，大容量バッファを備えているため，ホスト・コンピュータは大容量の画像データをプロッタ側に転送するとともにプロット処理から解放される。また，従来のXON/XOFFフロー制御に加え，ACK/NAKによるブロック転送制御に対応したため1ファイル単位でのデータ処理を行うことができ，ファイル・図面単位の用紙交換が可能である。

データ転送にはRS-232Cを使用し，転送速度は入力が1,200/2,400/9,600/19,200 bpsに，出力が9,600 bpsに対応している。

価格は，2Mバイト・タイプが28万円，4Mバイト・タイプが38万円，2Mから4Mへの増設は11万円となっている。

問合せ先：株式会社インフォメーション アンド コントロール研究所
〒160 東京都新宿区新宿5-11-22
☎03(352)4746

実物と同様な画像作成が可能なソフトウエア・パッケージ

日本IBM

日本アイ・ビー・エムは，既存のCAD/CAMシステムなどで作成した画像に濃淡や陰影，反射などを加えて，より本物に近いリアルな画像を生成することができるソフトウエア「レンダリング・サブルーチン・パッケージ(RSP)」を開発し，発表した。

RSPは，サブルーチン・パッケージ形式のため，CAD/CAM総合システムに容易に組み込むことができる。最近，さまざまに利用されてきた建築関係のビルの内・外観シミュレーションや内装などのビジュアル・シミュレーションとして，ビル施工の際のプレゼンテーションなどに威力を発揮する。また自動車，電機，機械産業において意匠設計のツールとして使用可能。

3次元図形モデルをもとにして，視点方向，物体表面の色や反射率，透過率などの光学属性に基づいた画像生成を行っている。そして，これらの属性を同時に指定して処理する属性マッピングをサポートし，模様や材質感の表現や画像合成のよりリアルなCG画像の作成が可能である。

属性マッピングとは，一般化されているテクスチャを貼り付けるテクスチャ・マッピングとは異なり，色，光学係数，模様，凹凸などのインデックスを同時にマッピングすることができ，画素単位，ポリゴン単位での指定が可能である。

レンダリング機能としては，回転・拡大・縮小がリアルタイムで処理できるリストプライオリティー法による実時間濃淡表示，スキャンライン法による陰影表示，レイ・トレーシング法による高品質画像表示が用意されている。また，レンダリングにより作成した画像と写真などをスキャナから取り込んで合成するモンタージュ機能も用意されている。

RSPは，IBM汎用中型コンピュータ9370情報システム，汎用大型コンピュータの308XとES/3090プロセッサで利用でき，OSはMVS/XAおよび同SP，VM/XAおよび同SPの環境下で動作可能である。

パッケージ価格は310万円である。

問合せ先：日本アイ・ビー・エム株式会社　広報
〒106　東京都港区六本木3-2-12
☎03(586)1111

大型デジタイザ8機種

グラフテック

グラフテックは，建築CAD，マッピング，アパレル分野向けに大型デジタイザ2シリーズ，8機種の販売を開始した。これは，大型デジタイザに初めて静電吸着方式を採用した「PADシリーズ」4機種と，「高精度シリーズ」4機種である。

高精度シリーズは，3相グリッド電磁誘導方式の採用により，±0.25mmの精度，0.025mmの高分解を実現した。CPU部と電源部を一体化して本体に内蔵することでコンパクト化し，側面操作スイッチで操作を容易にした。また，PADシリーズは静電吸着方式の採用により，デジタイズ面への原稿の固定が簡単に行える。

価格は，PADシリーズのKD1250が138万円，KD9650が105万円，KD6450が60万円，KD5550が48万円，高精度シリーズのKD1200が128万円，KD9600が98万円，KD6400が54万円，KD5500が43万円。

問合せ先：グラフテック株式会社　入力機器事業部営業部
〒251　神奈川県藤沢市藤沢3892
☎0466(81)5800

簡単操作・高機能なCADシステム

伊藤忠テクノサイエンス

伊藤忠テクノサイエンスは，米国ガーバー・ガーメント・テクノロジー社製のコンパクト・アパレルCADシステム「AM-300」の販売を開始した。

AM-300は，パーソナルコンピュータ並みの使いやすさにもかかわらず，ワークステーション並みの高機能をもっているアパレルCADシステムで，対話方式でスピーディにパターンを作成するパターンメーキング・システム，同一デザインで各号数に応じたパターンを拡大・縮小できるグレーディング・システム，作成したパターンを最も効率的に配置するマーキング・システムなどの特徴的な機能をもっている。

システムは，ホストにi80386(16MHz)採用のパーソナルコンピュータ（主記憶3Mバイト），デザインおよびマーキング用カラー・グラフィック・ディスプレイ，システム・マネージメント用モノクロ・ディスプレイ，40Mバイト固定ディスク，有効描画エリア2mのプロッタから構成されている。

標準システム価格は980万円である。

問合せ先：伊藤忠テクノサイエンス株式会社　GGT営業部
〒154　東京都世田谷区駒沢1-16-7
☎03(419)9181

TITAN用分子設計ソフトウエア

クボタコンピュータ

クボタコンピュータは，同社のグラフィック・スーパーワークステーションTITANと，米国バイオデザイン社が開発した生体分子用設計ソフトウエアBIOGRAFとポリマー用分子設計ソフトウエアPOLYGRAFとを組み合わせた分子設計統合システム「The Molecular Simulator」を発表した。

BIOGRAFはすでに多数の納入実績をもち，低分子から高分子までを取り扱うことができる。ペプチド，リピッド，DNA，プロテインなどの分子別にモデル・ビルダーが用意されている。POLY-GRAFは今回新たに開発されたもので，合成分子の構築から解析，評価までを一貫して行う分子設計支援ソフトウエアである。インタラクティブに分子モデルを取り扱い，パラメータの一部変更などを簡単に行うことができ，それらの変化を3次元グラフィックによって視覚化することができる。

価格は最小構成で2,600万円となっている。

問合せ先：クボタコンピュータ株式会社　本社営業部
〒160　東京都新宿区新宿2-8-8
☎03(225)0741

耐環境性に優れた 32ビットFAコンピュータ

精工舎

精工舎は，32ビットCPUを搭載し，リアルタイム/マルチジョブ機能を備え，耐環境性にも優れたFA用コンピュータ「FA386」を開発し，OEM製品として販売を開始すると発表した。

FA386は，CPUにクロック周波数16MHzのi80386を搭載，数値演算用にi80387，入出力制御用にi80286，ディスプレイ制御用にHD63484を標準装備したマルチプロセッサ方式と，64Kバイト・キャッシュ・メモリの採用により高速・高精度の処理を実現している。

主記憶は4Mバイト標準装備で，最大12Mバイトまで拡張可能。また補助記憶として50Mバイト，100Mバイトのいずれかの固定ディスクが内蔵可能である。CRTには16インチまたは20インチのビットマップ方式のカラーCRTを採用，1,024×768ドットの高解像度を実現した。

OSには，リアルタイム/マルチジョブ機能を備えたiRMX 286 R.2.0を標準装備し，各種計測機器や生産ラインの制御における割込み処理，並列処理に威力を発揮する。また，i80386のページングモードで動作するUNIX System V R.3.0相当のTechno-UX 3.0のサポートもされている。言語としては，SEIKOスーパーBASICの他，C，FORTRAN，PL/M，アセンブラをサポート。また，インテル社のOpenNETにより工場内のLANにも対応可能である。

サンプル価格は機器構成により若干異なり，275万～360万円となっている。

問合せ先：株式会社精工舎　情報機器事業本部第1販売部営業技術課
〒130　東京都墨田区太平4-1-1
☎03(621)4011

パソコンで動く 高速グラフィック・エンジン

コスモエレクトロニクス

コスモエレクトロニクスは，PC-9801シリーズ上で動くCADソフトAutoCAD対応の高速グラフィック・ボード「COSMOS34010」の販売を開始した。

COSMOS34010は，32ビット・グラフィック・プロセッサTMS34010(40MHz)を使用することによりホスト・プロセッサとの分散処理を行い，大幅なスピードアップを実現した。

解像度は，640×400ドット(XLシリーズのハイリゾレーション・モードは1,120×750ドット)。標準メモリ1Mバイト，ビデオRAM 256Kバイト(XLシリーズ用は512Kバイト)となっている。

価格は，本体が38万円(XLシリーズ用は48万円)，AutoCAD用グラフィック・ドライバが9万円となっている。

問合せ先：株式会社コスモエレクトロニクス　テクニカルセンター
〒222　神奈川県横浜市港北区小机町1520　☎045(473)5148

IBMパソコンと互換性をもつ 画像処理用LSI

ヤマハ

ヤマハは，IBMパーソナルコンピュータのグラフィック・ボードEGAと完全に互換性のあるボード作製が可能な画像処理用LSI「EPDC」を開発し，11月30日からサンプル出荷を開始する。

EPDCは，フラットパネル・ディスプレイ3種(液晶，プラズマ，EL)とCRT(ブラウン管)の計4種類の画像表示を1チップでコントロールでき，表示能力が640×480ドットという高機能なLSIである。また，色を濃淡で表示する16階調表示と特定の9階調のハッチング表示(斜線などのパターンで表示)をすることが可能であるため，カラーCRT用ソフトウエアをモノクロのフラットパネル・ディスプレイでも利用できる。

EPDCは，CRTを使用する場合にはIBM PCグラフィック・ボードEGAと完全な互換性があるが，フラットパネル・ディスプレイ使用の場合でも専用グラフィックBIOSの利用により，ソフトウエアを変更することなく互換性が保てる。

サンプル価格は1万2,000円となっている。

問合せ先：ヤマハ株式会社　広報部
〒100　東京都千代田区有楽町1-7-1
☎03(214)3933

PC-9801用 ISDNインタフェース・ボード

日本ボードコンピュータ

日本ボードコンピュータは，PC-9801用ISDN回線端末用インタフェース・ボードの販売を開始した。

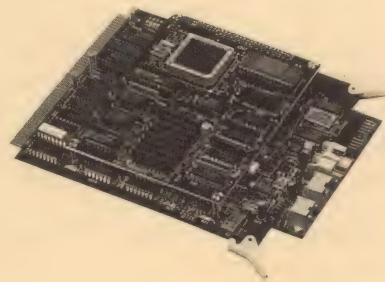
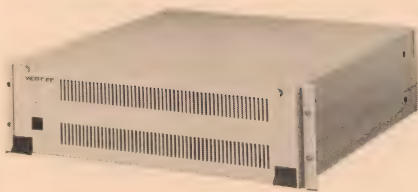
同製品は，PC-9801の拡張スロットに実装することによりコ・プロセッサ・ボードとして動作し，ISDN回線とのインタフェースをサポートする。

主な特徴として，音声コーデックを実装しているため，付属の電話ハンドセットを利用しての音声通信ができる，ユーザーが独自のアプリケーション・プログラムを作成して画像伝送や文書ファイル伝送を行うことができる，他の端末からのデータをISDN回線に送信するための非同期ポートRS-232Cを持っている，などがあげられる。

ハードウエアは，CPUにi80188，ISDN用LSIにiATC29C53とiATC29C48を使用している。

価格は，インタフェース・ボード2台，電話ハンドセット2台，ユーティリティ・ソフトウエアのセットで50万円。

問合せ先：日本ボードコンピュータ株式会社
〒101　東京都台東区台東1-1-5
☎03(837)5866

new products

オートスキャン･タイプのビデオ信号変換器

山下電子設計

山下電子設計は,高解像度のノン･インタレース(1,280×1,024または1,024×760)のコンピュータ･グラフィックス信号を,NTSC/PALの放送規格に合致したビデオ信号に変換する機器「CVS-950A」を12月より発売すると発表した。

CVS-950Aは,スキャンレート45k〜65kHzのワークステーションであれば接続調整することなしに自動対応が可能である。また,1,024ラインの映像をライン間を圧縮することにより,欠落せずに変換,インタレースで起こるフリッカの完全除去などを実現した。

入力はCAD画面,アニメーション,文字画面などあらゆる画面に対応。出力信号はCOMPOSITE,2系統,RGB,SYNC,Y,R-Y,B-Y,Y+SYNC,CROMAおよびビデオカメラとのスーパーインポーズ機能に対応している。

価格は248万円の予定。

問合せ先:株式会社山下電子設計
〠243　神奈川県厚木市船子559-1
☎0462(28)8692

SPOTデータ価格引き下げ

リモート･センシング技術センター

リモート･センシング技術センターは,昭和61年のSPOT-1号の打上げ以来,スポット・イメージ社との契約により日本におけるSPOTデータ配布機関としてSPOTデータを届けてきたが,8月より価格を引き下げてSPOTデータの提供を開始した。

同センターはこれまでの実績により,スポット・イメージ社の配布機関として最上位のライセンシーに認定され,利用者の注文について常に最新の情報をもち,データの検索や在庫,納入,複製,解析加工品の作製についてユーザーの要望に十分にこたえられるよう体制を整えてきた。

新価格は,標準品オリジナル・データのCCTが28万円より,フルシーン1:400,000のフィルムが22万4,000円よりで,この他条件により多くの新価格体系が設定されている。

問合せ先:財団法人リモート・センシング技術センター　技術部
〠106　東京都港区六本木7-15-17
☎03(401)1387

金型向けトレーシング･センター2機種

大阪機工

大阪機工は,大型金型向け3次元形状の高速NCデータ化のためのステーション「TRC1250トレーシングセンタ」と,中型プラスチック金型向けの「TRC500トレーシングセンタ」の販売を開始した。

同社のトレーシング・センターは,金型加工におけるデジタイジング,グラファイト電極加工,モデル加工,モデル計測,金属研磨といった一連の作業を1台に集約したステーションであり,中型プレス金型向けトレーシング・センターとして「TRC800」が販売されている。

TRC1250はTRC800の上位機種として位置付けられており,大型モデルの高速・高精度デジタイジング,ミーリングヘッド(オプション)による大型モデル加工,ブリッジ移動による接近性・操作性の向上,クイック･チェンジ方式による段取りの容易化,テーブル固定型による省スペース化などの特徴をもつ。価格は,デジタイジング仕様が2,775万円,デジタイジング+ミーリングヘッド仕様が2,975万円である。

TRC500は中型プラスチック金型を対象とした小型トレーシング･センターであり,グラファイト電極加工やモデル加工などの加工機能,テーブル固定による接近性などの特徴をもつ。価格は,ミーリング仕様が1,390万円,デジタイジング仕様が1,890万円,デジタイジング+ミーリングヘッド仕様が2,140万円である。

問合せ先:大阪機工株式会社
〠531　大阪市大淀区豊崎3-21-9
☎06(376)6611

300万円台の低価格静電プロッタ

武藤工業

武藤工業は,富士ゼロックスと販売提携を結び,富士ゼロックスが代理店となっている米国バーサテック社の静電プロッタ「バーサテック8500シリーズ」の販売を行うことになった。また,10月からその最初の製品であるA1サイズ対応「バーサテック8524」の販売を開始した。

同シリーズは,A1サイズ対応機で同社他製品の1/2の価格の300万円台という超低価格機であり,高機能・低価格化が進む静電プロッタ市場に対応したものとなっている。

バーサテック8524の特徴として,2.54cm/秒(1インチ/秒)の出力速度による高速作図,解像度は7.88ドット/mm(200dpi),塗りつぶしやハーフトーンの出力が可能,回転・縮小・拡大,線幅の任意変更機能などの各種機能をもつ,ロール記録用紙(60.9cm×150m)の使用による長時間の無人運転が可能,RS-232Cとセントロニクス準拠のインタフェース,カルコンプ906/907準拠のフォーマットに対応している,などがあげられる。

価格は345万円である。

問合せ先:武藤工業株式会社　企画室
〠153　東京都目黒区中目黒4-6-1
☎03(760)6111

3次元建築設計パソコンCADシステム

テクノビジョン販売

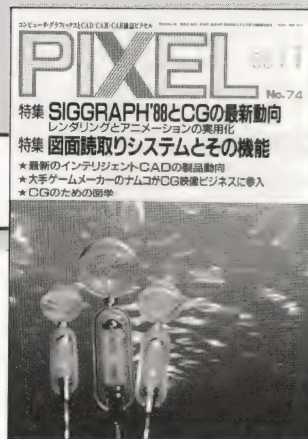
テクノビジョンは,3次元建築設計用パソコンCADシステム「3D-VISION markII」を開発,テクノビジョン販売およびその代理店を通して販売を開始した。

同製品は,3次元建築CADシステム3D-VISIONをグレードアップしたもので,大幅な自動処理機能の向上と高速化を実現した。

部屋割図,屋根形状,建具選択の3要素のみを入力することにより,真壁,大壁,基礎形状,建具などをすべて自動的に3次元モデルとして形成することができる。

また,壁,床,天井,屋根などに3次元ハッチングを行い,室内パースや外観パースをリアルタイムで回転させて表示したり,加筆・修正機能の大幅強化,ワープロ機能の強化,作図時の通り芯自動規制機能などが追加され,作業の効率・高速化が図れる。

価格はソフトウエアのみで180万円。

問合せ先:テクノビジョン販売株式会社
〠160　東京都新宿区新宿1-16-16
☎03(356)4600

サイエンティフィック・ビジュアリゼーションとボリューム・モデリング＆レンダリング

From The Editor's Desk

サイエンティフィック・ビジュアリゼーション（ビジュアリゼーション）が注目されている。スーパー・コンピュータなどによる大規模数値計算の結果を，高性能グラフィック・ワークステーションなどによりわかりやすい絵にして表示しようというものである。見えないものを見えるようにする，いわゆる可視化である。ワークステーションの販売促進とも絡み合って，米国ではブームのような状態になりつつある。大変結構なことである。ここではその際の絵つくりの手法について考えてみたい。

スーパー・コンピュータのアプリケーションは流体解析，気象予測解析，構造解析，リモートセンシングなどいろいろある。その計算結果のビジュアリゼーションは，これまでの形状処理的手法では表示しにくい形状になってしまうことが多い。例えば，流体の渦や煙などはこれまでのような多角形や曲面による形状生成，つまりジオメトリ的処理では表現しにくい。また形状の外側だけをレンダリングする，いわゆるサーフィス・レンダリングでは内部の状態がうまく表示できない。

そこで最近注目されているのが，ボリューム・モデリングとボリューム・レンダリングである。工業的に作り出せる幾何形状ではなく，雲や地形，人体の構造，顔の形状，液体の流動，金属の内部の温度分布など，ボリューム的な要素をもつものについては表面だけではなく内部についてもモデル化し，表示も内部の構造などがよく理解できるようにしようという手法である。

ボリューム・モデリングとボリューム・レンダリングにおいてはVOXELが使用される。これまでのグラフィック機器は，幾何形状処理のためにベクトルの処理と表示をいかに高速にするかに腐心してきた。これから伸びてくるであろうスーパー・コンピュータによるビジュアリゼーションにおいては，3次元表示におけるイメージ処理の取扱いが話題になることであろう。

昭和63年11月1日

河　内　隆　幸

特集1 SIGGRAPH'88とCGの最新動向 EXHIBITION

編集部

SIGGRAPH'88の概要については，前号のトレンドでお伝えした。ここでは，その続編として言い足らなかった点について述べる。前号と合わせて読んでいただきたい。SIGGRAPHに毎年参加している者にとって，今年のSIGGRAPH'88はやや刺激が少なかった。日本においても海外の情報が豊富に早く手に入るようになったことにもよるが，技術的にも製品的にもやや安定してきたことが大きい。それは，企業ユーザーにおいてもレンダリングやアニメーションなどのコンピュータ・グラフィックスを実用的に利用できるというサインである。これまでのように芸術的な映像制作の場という理解ではなく，どのように企業において利用できるかという視点よりSIGGRAPH'88をながめるべき時期にきている。

ボリュームレンダリングとサーフィス・レンダリング

これまでのコンピュータ・グラフィックスの場合，車や家電製品，建築物などのように外側の形状を面で定義し，レンダリングも面をいかに表情豊かに表現するか（サーフィス・レンダリング：Surface Rendering）に力が注がれてきた。

しかし最近は，3次元のボリューム・モデル（中が詰まっている容積的データをもつもの）をリアルに表現するために，ボリューム・レンダリング（Volume Rendering）またはボリュメトリック・レンダリング（Volumetric Rendering）という方法が注目されている。そこでは，これまでのPIXEL(Picture Element）に代わりVOXEL（Volume Element）という表示単位と概念がたびたび登場してくる。ボリューム・レンダリングはサイエンティフィック・ビジュアリゼーションにおいて，今後有力な方法になりつつある。

ボリューム・レンダリングは中身が詰まっているその状態をリアルに表現しようというものであるが，中身が均質なものであれば外側から見当がつくため，わざわざ面倒なことをするまでもない。中身がいくつかの異質なものから構成されているもの，構造解析における内部への熱の伝達，樹脂などの流動状態などは外側だけのサーフィス・レンダリングでは理解できない。

また，VOXELを使うと，幾何的形状では表現しにくい人体，ウエザーにおける雲，CFD（計算流体解析。smoke cloudの表現など），構造解析における樹脂流動解析や解析する物体の内部の熱分布，リモートセンシングからの地形，地下資源探査などが容易に表現でき，スーパー・コンピューティングによるサイエンティフィック・ビジュアリゼーションの結果の表示として，その利用分野は急速に増えつつある。

グラフィック・ワークステーションのメーカーはこのボリューム・レンダリングに非常に強い関心を寄せている。グラフィック・ワークステーションのユーザーはビジュアリゼーションに多く，ビジュアリゼーションでは今後，ボリューム・レンダリングが多様されるからである。

Pixar Image Computerはコンピュータ・グラフィックスではなく，3次元画像の取扱いや再構成をしやすい構造になっているもので，ボリューム・レンダリングを売り物にしている。

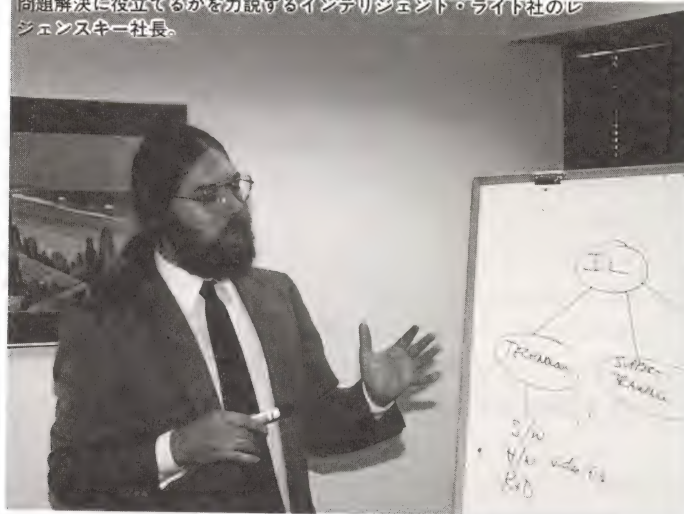
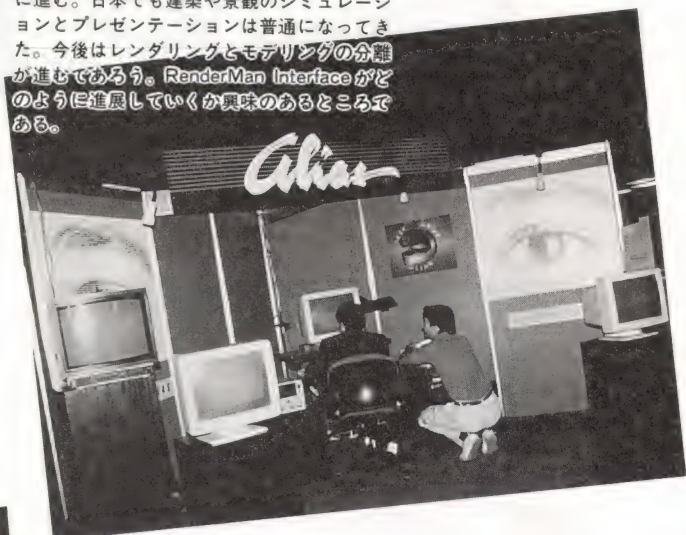
ビジュアリゼーションにおけるレンダリングにはボリューム・レンダリングだけですむものではない。これまで別の技術として蓄積されてきたコンピュータ・グラフィックス（ジオメトリ的処理）とイメージ・プロセッシングの両方を必要とする新しいレンダリングが要求される。また，メガ・ドットとよばれる3次元の100万点をリアルタイムに動かして見せるような表示能力も要求されるなど，新しいレンダリングや表示能力が必要になってくる。

このように，イメージとジオメトリ（幾何形状）を同時にパフォーマンスよく扱うことがこれからのワークステーションに要求されてくるし，ワークステーション・メーカー側もそのことについてはよく気がついているはずである。

レンダリングとアニメーションの実用化

今後，ワークステーションの性能アップは想像以上になるであろう。➜少なくとも，ミニ・スーパーコンピュータ並みのハイエンドとパーソナル・ワークステーションの２本立てにはなる。シリコングラフィック社もハイエンドのPOWERシリーズとローエンドのパーソナルIRISシリーズを発表の予定。今後は低価格なパーソナルワークステーションに期待が集まっている。

➜「当社は単なるレンダリング・メーカーではない」と企業の中でレンダリングやコンピュータ・グラフィックスをいかに上手に使い，問題解決に役立てるかを力説するインテリジェント・ライト社のレジェンスキー社長。

➜レンダリング・システムはCADなどの他のシステムと接続し，産業用アプリケーションに進む。日本でも建築や景観のシミュレーションとプレゼンテーションは普通になってきた。今後はレンダリングとモデリングの分離が進むであろう。RenderMan Interfaceがどのように進展していくか興味のあるところである。

➜大学もビジネスに積極的だ。ローウェル大学もブースを構え，学生風の説明員が製品（大学だからプロトタイプのようなもの）説明に大忙し。日本の大学でこれだけのパワーはあるかな。

➜SIGGRAPHは求人の場でもある。JOB BOARDには人を求める張り紙がびっしり。職を探す方も真剣にメモしている。SIGGRAPHの期間中に面接したり，詳細を聞くことができるように，コンタクト先のホテル名や担当者名が示されている。

アニメーション手法の新しい流れ，物理法則に基づいたモデリング

これまでのアニメーションは人間が動きをつけるものであったが，最近の新しい傾向として物理法則を正確に計算し，アニメーションもその法則に基づいて表現するという Physically Based Modeling 手法が提案されている。例えば，物が衝突するときのアニメーションや布が風にゆらぐときのアニメーションなどに試みられている。

これは単に物理法則をシミュレーョンして表示するということではなく，新しいアニメーション手法として採用しようということである。

これまでのアニメーション手法ではロボットなどの人工的な動きならまだよいが，自然な動きにおけるぎこちなさを解決することができず，しばしば批判のあったところであり，そこを解決しようというものであろう。

スーパー・コンピュータ並みの計算能力をもつスーパー・ワークステーションの普及により，物理法則をキチンと計算したアニメーションが頻繁に見られるようになることであろう。

↑ブースを全部覆ってしまって製品が一切置かれていない。SIGGRAPH までに製品が間に合わなかったのか，コンタクト先だけが書いてある。秋まで待て！　どうしても待てない人は，ここにコンタクトせよとのこと。(LUNDY ELECTRONICS & SYSTEMS)

↑MAC II を利用したコンピュータ・グラフィックスや画像処理が目立ったのも今年からか？　シンボリックスやピクサーも MAC II をビジネスのターゲットにしている。日本での MAC はどうなるか？　この他では，Sun や IRIS がポピューラーなコンピュータ・リソースになろうとしている。

Natural Shape や自然な光のシミュレーション

これまでのコンピュータ・グラフィックスは Man-made，つまり人間が工場で作るようなものをモデリング，レンダリング，アニメーション化するレベルであったが，これからは Natural Shape のモデリング，レンダリング，アニメーションが必要となる。

環境のシミュレーションにしても建築物の他に樹木，雲，水面，人間などが必要になり，インテリアのシミュレーションでは自然な光，カーテンなどの繊維がさらに必要となる。また，人体については滑らかなアニメーション，感情までも表現する豊かな顔の表情，髪の毛，衣服の自然な表現などが求められている。これまで SIGGRAPH などにおいて Natural Phenomena などのセッションで発表されてきたが，研究レベルではなく実用的に実現することが必要になる。

これに加えて，室内のシーンや微妙な屋外のシーンをリアルに表現するためには，光を正確にシミュレーションすることが不可欠である。娯楽用ではアーチストが自由な表現を楽しむことができようが，産業用のコンピュータ・グラフィックスでは正確に，自然に表現できないと困ることが多い。今流行の Radiosity 法や広島大学の中前先生の天空光を含む光のシミュレーションが，実用的レベルで必要になってきている。

エンジニアリングにおけるレンダリングとアニメーション

エンジニアリングにおけるコンピュータ・グラフィックスは絵の美しさを競うものではない。現象を正しく理解するためのものである。エンジニアリングやサイエンスにおけるビジュアリゼーションのためのコンピュータ・グラフィックスはアートではないので，表現を追求し過ぎないように警告する人も多い。

しかし，技術者仲間内だけであれば絵が稚拙であってもよいが，技術者であってもその分野の専門家でない人や解析を依頼された顧客などへの説明にはリアリティーのある映像が必要とされることもある。例えば，構造解析のプリ／ポストに利用されている映像のクオリティーは現在のコンピュータ・グラフィックスの水準からかけ離れたものであり，コンピュータ・グラ

フィックスの到達した成果はほとんど使用されていない。ガラスのコップも金属のコップも同じよう表示されている。つまり，ビジュアリゼーションも使い方によっていろいろあるということである。

エンジニアリングがもっと開かれたものになり，他の分野の人からも理解されるようになるためには，コンピュータ・グラフィックスは最も有力な武器である。したがって，もっと表示方法に力を入れるべきである。技術者は他人が自分の仕事を理解できていないことで，歪んだ優越意識をもっているような印象をもたれないようにしたいものである。より多くの人から理解してもらうために，リアルなフォトリアリスティックなレンダリングやスムーズなアニメーションをどんどん使っていただきたい。米国の研究者たちはエンジニアリングにおいても絵のクオリティーに神経質であるが，日本ではまだ意識が低い。ミシガン大学の菊池教授は，構造解析の結果の表示にコンピュータ・グラフィックスの最先端の技術を取り入れたいとしきりに強調していた。

望まれる低価格なフルカラー3次元グラフィック・ワークステーション

ワークステーションがわれわれの分野における主要なコンピュータであることはいうまでもない。32ビットのパーソナルコンピュータもワークステーションと同じマイクロプロセッサを使用するものがあり，かなりの計算能力をもつため，ワークステーションの低位機種との差がはっきりしなくなっている。メーカーやベンダーの呼び方もいろいろである。しかし，細かい点で比較してみると，ネットワーク環境やソフトウエア開発環境，キャッシュ・メモリの使用など，やはりワークステーションは業務用に使えるようにしっかりとつくってある。

コンピュータ・グラフィックスの分野ではグラフィックをどう解決するかが問題で，ワークステーションとグラフィック・アクセラレータを密結合させたようなグラフィック・ワークステーションが流行である。中にはスーパー・ミニコンピュータ並みの計算能力をもつものもあるが，一般的に高価である。手軽に使用するというわけにはいかない。つまり，毎日毎日が3次元というユーザーでなければ購入できない。ときどき3次元グラフィックが必要だというユーザーには使えないのである。

それでは3次元グラフィックは大きくならない。そこで，スーパー級でなくてもよいから低価格な3次元グラフィック・ワークステーションが求められている。ちょっと簡単に3次元に挑戦してみようという機会が必要だ。

大きくなるPRE-PRESS市場

低価格なDTPとともに，製版(印刷)用の安いカラー画像処理装置の市場が大きくなろうとしている。ワークステーションや32ビットのパーソナルコンピュータをプラットフォームにして，スキャナなどで入力された印刷に使える高解像度な画像に対して，修正（カラー修正やレタッチなど）や合成，画像の変形操作を加えた後，4色分解のデータまでつくるものである。サイテックス社の製品など，これまで高級なものはいくつかあるが，低価格な製品でデスクトップ型になっている。コンピュータ・グラフィックスより市場規模が大きいため，今後，いろいろな製品が出回ってくるものと考えられる。そのための高解像度な入出力機器，スキャナやPre-Pressのソフトウエア，チェック用のカラーハードコピー，4色フィルムの作成またはそれへのデータ変換，大きなメモリをもった画像処理システムなどもいろいろと製品化されようとしている。

これに，主に文字を扱うDTPとイラストなどの画像を作る印刷に使える2次元作画システム（低解像度なペイント・システムとは異なる）などが加わり，ちょっとしたデザイン・オフィスや小規模な印刷・製版会社，編集プロダクション，出版社などで使われるようになるであろう。

米国と日本のベンチャー企業と大学

コンピュータ・グラフィックスの領域においては，ベンチャー企業の果たす役割が非常に大きいと思われる。少なくとも米国ではベンチャー企業に支えられている。やや特殊な技術や経験，独特なマーケティングと販路，市場規模のサイズなどから，大企業の得意とするところではない。しかし，残念ながら日本ではベンチャー企業が大きくなってきていない。もちろんこのことは，コンピュータ・グラフィックスだけの問題ではないが。日本におけるコンピュータ・グラフィックスはいくつかの例外を除いて，大企業ないしはかなり規模の大きな企業に支えられている。つまり，大企業とベンチャー企業とのすみ分けが乱れているのである。大企業には大企業なりの製品開発方法や販売方法があろう。一般的には，それらはコンピュータ・グラフィックスの市場には向いていない傾向がある。だから小さい企業であれば採算がとれるところを，そうはいかない結果になっていることが多い。それはCG映像プロダクションにもいえることである。

コンピュータ・グラフィックスだけのことではないが，最近，他分野の大企業がコンピュータ・ビジネスに参入してくることが頻繁である。しかし，ベンチャー企業が開発した製品の販売代理，VAR販売，OEM販売，海外製品の輸入代理販売などであり，その内容は少し物足りない。大企業らしさがない。メンツやなりふりにかまっていられないところまで追い詰められているのであろうか。社内にそれなりの経験や技術がないので，とりあえず商社のまね事でもしてみようかというわけである。何か寂しい。大企業にはベンチャー企業ではできないようなものを期待したいものである。

この分野は基本的にベンチャー的であるから，新規参入に際しても市場の見極めは悪い。そのような中で参入することが条件になる。他産業からの参入に際してもこのことを理解する必要があろう。

米国のコンピュータ・グラフィックスを支えているという意味では，ベンチャー企業とともに大学や公的研究機関における研究の成果が生かされていることも見逃せない。米国の大学などでは，現実的な研究テーマとその成果を実用になるかたちできちんと出すことが習慣のようになっているため，企業側も積極的にアプローチする。

SIGGRAPH'88とCGの最新動向 特集1

最新のレンダリング/アニメーション技術

SIGGRAPH'88のテクニカル・プログラムの中から，レンダリングとアニメーションに関するトピックを説明する。

柴本　猛*

○レンダリング技術

最初にレンダリング技術について報告する。レンダリング技術の論文発表の中心となったのは，「Volume Rendering」である。これまで3次元コンピュータ・グラフィックスがレンダリングの対象としてきたのは面であったが，面で構成されていないもの，例えばCTスキャンによって得られた人体の内部などの3次元表示が必要になってきた。これを，ボリューム・レンダリングとよぶ。ボリューム・レンダリングは，サイエンティフィック・アプリケーションでの使用が始まっているが，新しい種類の画像データベースにも使用し得る重要な技術である。

従来は，このように境界がはっきりしない物体の表示には，医療用に用いられていた等濃度面の表示法や，応力分布図や地層図などに用いられていた切断面表示法が使われていた。切断面表示は3次元データ全体のかかわりを人間が把握するのが困難であり，等濃度面表示は複雑なデータの場合に等濃度面を作るのが大変である。そこで，全体が把握しやすい表示方法や，簡単なデータ作成方法に対する研究が必要とされてきた。また，ボリューム・レンダリングにおけるデータ構造は，3次元メッシュに分割（VOXEL分割）して各部分の値をもっておく方法やオクトリー法が一般的であるが，この分野の研究も必要である。SIGGRAPH'88においてこれらに関連しての発表が3件あった。

■ Paolo Sabella, "A Rendering Algorithm for Visualizing 3D Scalar Fields"

応力分布や密度分布などを表す3次元スカラー場を，全体の状態を把握しやすいかたちで表示する手法である。ボリューム・データがVOXELごとに数値で求められていたとして，このデータの値を，その位置における水蒸気の密度のようなものとみなして表示する。表示結果を複雑な形をした“雲”か“霧”のような姿として見せるというアイデアである。

雲や霧の表示方法はかなり以前から考案されている。細かい水滴が太陽光に照らされて一様に光を散乱し，その散乱光が目に入ると考えて表示する。このように考えると，水滴の密度の大きい部分が明るく見え，明るさと密度が対応することになる。明るさと密度の対応をとるだけならば，太陽光の存在を考えずに，自分で光を放つ細かい粒子の集まりを表示すると考えてもよい。

そこで，3次元スカラー場のVOXELごとのデータ値を，光を放つ細かい粒子の密度とみなして表示する。VOXELデータの表示にはレイ・トレーシング法が適している。**図1**のような直方体の内部に物質が存在するとしたとき，目にはt_1からt_2までの密度の総和が明るさとして見える。総和をとるために，視線上にあるt_1からt_2までのすべてのVOXELをたどっていく。

*しばもと　たけし　　日本ビクター㈱　総合技術研究所　〒239　神奈川県横須賀市神明町58-7

これはレイ・トレーシング法の一種といえる。レイ・トレーシング法をVOXELに使った場合は，計算スピードは比較的速いと思われる。計算に際して単純に和をとるのではなく，光の減衰を考慮する必要がある。つまり，図のtの位置にある光は，目に入るまでにt_1からtの間の粒子によって遮られると考えて計算する。これは，雲や霧の表示に従来から使われていた方法である。結局，目に入る明るさBの計算式は，

$$B=\int_{t_1}^{t_2} e^{-\tau \int_{t_1}^{t} \rho(\lambda) \mathrm{b}\lambda} \rho(t)\mathrm{d}t$$

となる。τとγは定数である。目に入る光の強さが，t_1からtまでの粒子によって指数関数的に減衰すると考えている。

■ **Craig Upson, Michael Keeler, "V-BUFFER: Visible Volume Rendering"**

少ないVOXELを使って表示すると画像が不連続になってしまう。これを避けるためにVOXEL間でデータの補間を行い，品質の良い画像を表示する手法である。ここでは，空間を分割したものをセルとよぶ。表示法として，Ray Casting法とCell-by-Cell法の2種類が考えられている。Ray Casting法はレイ・トレーシング法と似ており，表示画素順に処理を行い，レイと交差したセルの情報を表示する。Cell-by-Cell法はセル順に表示していく方法であり，セルの内部の補間が比較的簡単にできるのでより正確な表示ができる。

補間式は，任意の位置(x, y, z)での値を$\boldsymbol{S}(x, y, z)$として，

$$\boldsymbol{S}(x, y, z)=a_1+a_2x+a_3y+a_4z+a_5xy+a_6xz+a_7yz+a_8xyz$$

とする。ここで$a_1, a_2, a_3, \cdots, a_8$は周囲の8個のノードでの値$\boldsymbol{S}$とノードの座標値$X$を使って，

$$(X)\boldsymbol{A}=\boldsymbol{S}$$

から求める。この計算は，分割数が多くなければ負担にはならないであろう。

Ray Casting法は通常のレイ・トレーシングと基本的に同じ方法で行うが，レイがセルに当たった位置で補間計算を行う必要がある。また，アンチ・エイリアシングはこの補間では行えないので，マルチレイのようなことをしなければならない。

Cell-by-Cell法は，目に近い順にセルに優先度をつけておき，手前のセルからセルに順次，表示処理していく。セルの表示処理は，**図2**のように，スキャンラインとの交差部分を求め，画素の値を補間によって計算していく。画素の奥行き方向についても計算することができ，セルの画素への寄与量を正確に求めることができる。画素とセルの関係がはっきりわかっており，比較的簡単に正確な補間ができるので品質の良い画像が得られる。この論文のオリジナリティは，補間とこの表示法を組み合わせたところにあると思われる。

■ **Robert A.Drebin, Loren Carpenter, Pat Hanrahan, "Volume Rendering"**

この発表には2つのトピックがある。一つは，物体そのものの表示と物体間の境界部分の表示の両方を行い，必要に応じて使い分けるという考え方である。もう一つは，1つの物体の中に存在する複数の異質の物質を分離して表示できることである。後者は，例えば人間の頭部の場合，骨，肉，神経などを必要に応じて別々に，あるいは同時に表示する機能である。

異質のものを取り扱うためにmaterial percentage volumeというものを考える。これは，1つの物質が占める割合をVOXELレベルで表現したものである。これを使うと，それぞれの物質にこの値を掛けて足すだけで簡単に同時表示できる。さらに，VOXEL情報は物質である必要はなく，パーセンテージ・ボリュームを使って求めた密度やノーマル・ベクトルなど，

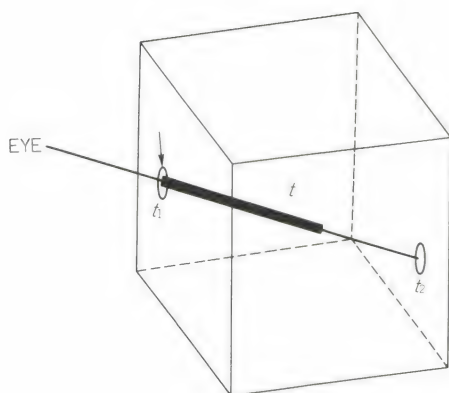



図1　視点とtとの間にあるボリューム

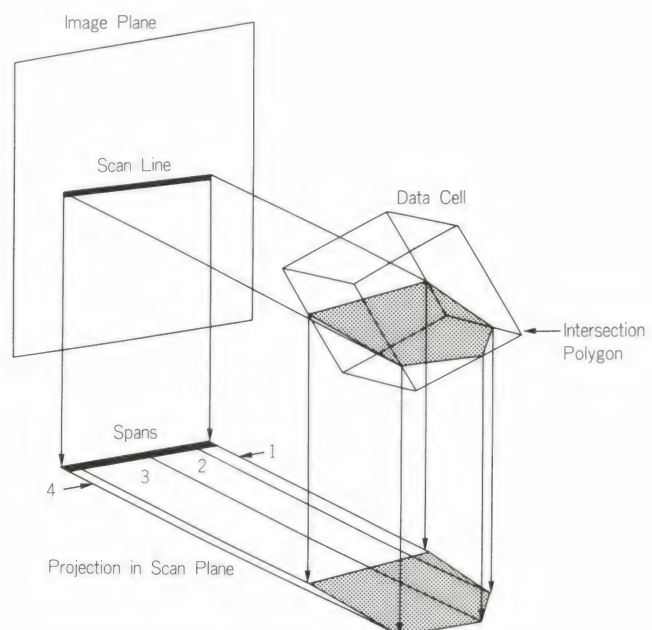



図2　Cell-by-Cell法

さまざまなものが考えられる。このようにして，VOXEL データとしてデータベースに利用可能な多くの情報をもつことができる。

問題は複数の物質のパーセンテージ（すなわち VOXEL データ）を求める方法である。個々のパーセンテージが実測や計算で求まるものはよいが，元データが1つしかない場合は確率を考慮してデータの分離を行う（**図3**）。CT 像から3種類のデータのパーセンテージを求める。CT 像の明るさから物質を特定できる確率がわかっているので，図3(a)のようなヒストグラムが得られたときには(b)のような混ざり方をしていると推察される。これにより，(c)の値を使って CT 像からパーセンテージ・ボリュームが作られる。

物質パーセンテージ・ボリュームから ρ volume ができる。密度変化の激しい部分を境界と考え，surface strength volume が作られ，密度変化の方向から境界のノーマル・ベクトルが求まり，surface normal volume が作られる。これらを使ってシェーディングを行う。

2次元表示のためにはレイ・トレーシング法を使うが，高速化のための工夫がしてある。

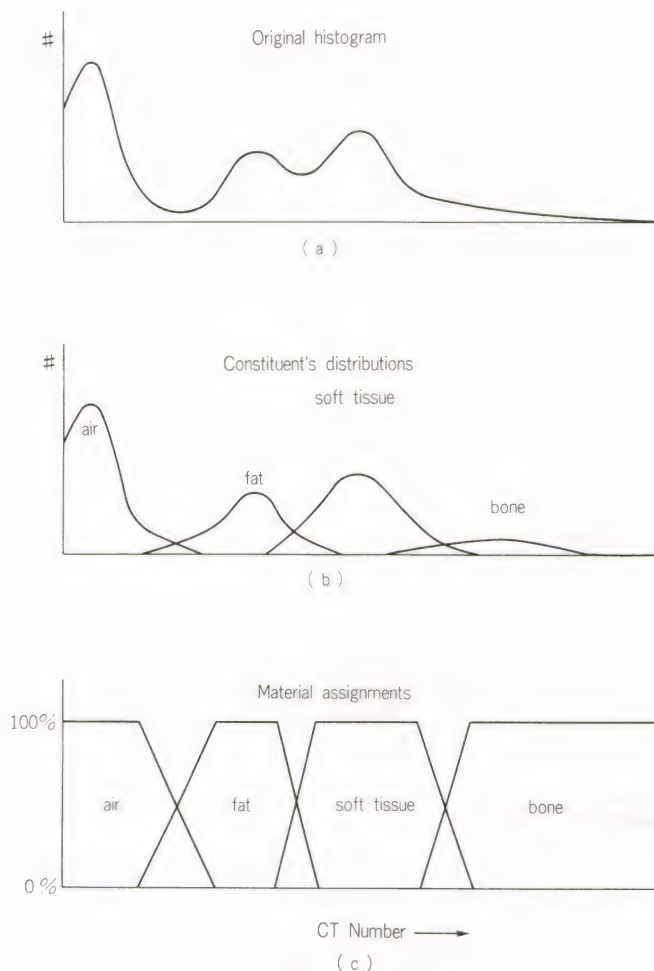



図3　パーセンテージの求め方の例

○ アニメーション技術

ここでは，アニメーション技術についての報告をする。アニメーションに関連するセッションは，「Animation」と「Physically Based Modeling Ⅰ」「Physically Based Modeling Ⅱ」の3セッションであった。件数としては非常に多く今年のメインテーマといってよい。実際，聴講者の数も非常に多かった。“自然な動き”を計算する方法や，複数の物体の衝突による影響を計算する方法などについての発表が大部分を占めていた。

3次元コンピュータ・グラフィックスを使ったアニメーション（3次元コンピュータ・アニメーション）は魅力的であるが，3次元であるがゆえの複雑さがあり，物体やキャラクタの形状や動きを細かく指定する作業に大変な労力を必要とする。アニメーションでは，“自然な動き”に基づいた表現を要求されることが多く，この部分を作るのに多くの時間を費やしているので，自然界のものの動きを自動的に作る方法を考えるのは非常に重要なことである。アニメーションでは，シミュレーションのように，モデルの状態を忠実に計算することはそれほど重要ではない。それよりも動きを簡単に制御することができ，できれば誇張した動きや変形も実現できること，また，それらを少ない計算量でリアルタイムに見せることの方が重要である。しかも，シミュレーションのように1つの特殊な用途でなく，多くの用途に使える一般的な方法であることが望ましい。これらについての研究が始められ，Physically Based Modeling とよばれるようになった。モデリングという意味は，変形した形状を自動的に発生するということの他に，複数部品で構成される物体を自動的にアセンブルするということも含まれているようである。日本ではこの種の研究はほとんど行われていないが，SIGGRAPH'87 ですでに“Dynamic Constraints”というセッションが設けられており，今年はさらに充実してきた。

まず，Physically Based Modeling ⅠとⅡのセッションについて説明する。直訳すると「物理法則に基づいたモデリング」という広い意味になるが，現在までの研究発表をみると「動力学の法則を使ったアニメーションまたはモデリング」といった内容が多い。

■ Andrew Witkin，Michael Kass，“Spacetime Constraints”

昨年の論文「Energy Constraints on Parameterized Models」で複数物体の互いの拘束のさせ方にユニークな方法を提案した筆者が，今年は動き方（途中経過）にもこの考えを適用して，本格的なアニメーションを可能にした。位置の拘束に加えて時間的な拘束も考えたという点で“Spacetime”という表現をしている。昨年の論文ではエネルギーという言葉を使ったが，動力学と関係していたわけではなかった。今回は，均質な剛体が関節でつながったもの（リンク機構）の動きを，ラグランジェの式を使って作り出している。原理的には，最初の状態と最後の状態のみを与えて，動くためのエネルギーを最小にするという条件で，各部分がどのように動けばよいかを決める。例えば，ニュートンの法則

$$m\ddot{x}-f-mg=0$$

という式で，$x(t_0)=a$，$x(t_1)=b$ という拘束を与えて，

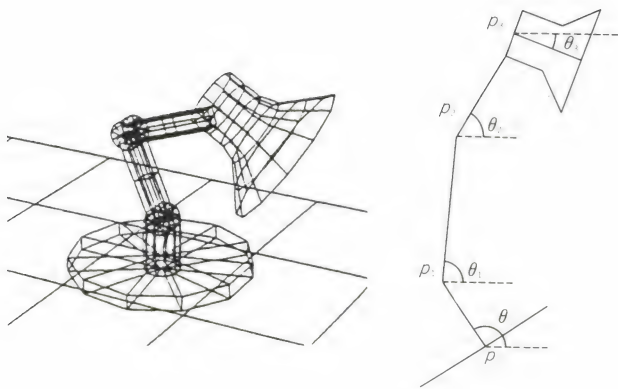



図4　Luxo

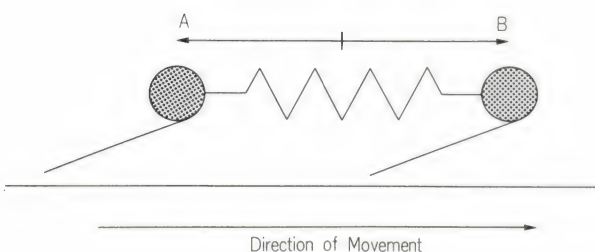
$$R=\int_{t_0}^{t_1}|f(t)|^2\mathrm{d}t$$

を最小にするように考え，数値計算をする。

実際はもっと複雑なリンク機構を対象としており，**図4**のような形をしたLuxoのさまざまな動きを作り出している。平坦な場所でのジャンプ，ハードルを跳び越えるという拘束があるハードル・ジャンプ，滑る斜面上に拘束されてジャンプし着地するスキー・ジャンプなど多くの工夫を凝らしている。この場合のLuxoの動きの条件として，筋肉の消費するエネルギーを最小にすると決めている。

■ **Gavin S. P. Miller, "The Motion Dynamics of Snakes and Worms"**

蛇やみみずや毛虫のような足の無い動物の動きのアニメーションであり，これらの動物が好きだということが論文中からもよくわかる。

うろこのある動物の前進する構造が，**図5**の2つのマスと1つのスプリングを持った虫のモデルで説明されている。うろこには前の方向には摩擦が弱く，後ろの方向に引っ張られたときには大きな抵抗をもつという性質がある。そこで，虫がスプリングを伸ばすと，B（うろこ）が前に動きAは静止している。スプリングを縮めると，Bは動かずAが前進する。このモデルを多数連結して蛇などを作るが，この際に工夫がなされている。

また，毛虫の毛が床面に衝突した際に毛を曲げて衝突回避を行うということも述べている。

■ **Ronen Barzel, Alan H.Barr, "A Modeling System Based on Dynamic Constraints"**

ユーザーが設定した最終的な拘束(組合せ方)を満たすように，複数の剛体に動きを与える。ユーザーが指定する拘束の例としては，剛体の1部を指定し，釘を指定すると釘に剛体が引っ掛かる"Point-to-nail"や，剛体どうしの"Point-to-point"拘束などがあり，これは自由に増やすことができる。離れた拘束点へ剛体が移動していく動きは，逆動力学(Inverse Dynamics)の立場から求める。逆動力学は動きを指定して，この動きを達成するための物理量を求める手法である。力学計算にはニュートンの法則を使う。

図6の釘(nail)が離れた拘束点であり，ここに棒の一端が拘束されるように棒を動かす。いったん拘束されると釘を中心として棒が振れる。

このシステムはSymbolicsを使っている。

図5　虫のモデル

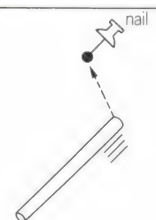
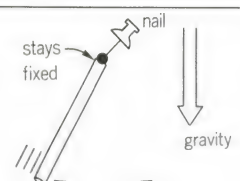



図6　Point-to-point 拘束の例

■ Demetri Terzopoulas, "Modeling Inelastic Deformation : Viscoelastisity, Plasticity, Fracture"

あの有名な"旗"のアニメーションの継続として，今回は完全な弾性体ではないものを取り扱っている。運動方程式としては，ラグランジェを使っている。塑性変形，粘弾性変形をまとめて扱うために，弾性変形用として Deforming Body，塑性・粘性変形用には Reference Component というように，１つのオブジェクトを２つに分けた"ハイブリッド方式"を採用している。

許容限度を超えたときに破断するようにして，ファイバでできたメッシュや紙を切り裂くことも行っている。

■ John C.Platt, Alan H. Barr, "Constraint Methods for Flexible Models"

これも，昨年の「Energy Constraints on Parameterized Models」の延長線上にあり，前回はっきりしていなかった経路の問題を取り扱っている。この論文が対象としているのは剛体でなく柔らかいものであり，「Dynamic Constraints」のような逆動力学では動きのパラメータを決めにくい。そこで，経路は最小のエネルギー・パスを通るように設定される。RC（Reaction Constraints）法と拘束運動に関するラグランジェの式を使った ALC（Augmented Lagrangian Constraints）法でこれを行っている。

図 7

次に，アニメーションのセッションの内容を紹介するが，３件のうち２件が力学法則を用いたアニメーションの研究であった。

■ Mathew Moore, Jane Wilhelms, "Collision Detection and Response for Computer Animation"

アニメーションにおいて重要な"衝突検出"と"衝突後の動き"についての発表である。個々の手法は目立ったものではないが，製作側の"ドミノ倒し"のアニメーションでは，多数のドミノが使われていた点で実用の可能性が評価される。

衝突検出については，３角板の場合と多面体の場合について述べられている。

３角板の場合，すべての３角板の"頂点"と，すべての３角板との間でチェックを行う。頂点が動きの前と後で３角板を貫通したかどうかを調べることによって衝突検出を行う。動きの前後の頂点の位置をそれぞれP, P'とする。３角板が動かずその頂点をP_0，P_1，P_2としたとき，

$$P+(P'-P)t=P_0+(P_1-P_0)u+(P_2-P_0)v$$

という式で，

$$0\leq t\leq 1, u\geq 0, v\geq 0, u+v\leq 1$$

をすべて満たせば貫通したことになる。３角板が動いたときも似た方法で計算する。これはかなり重い計算になり，効率が良いとはいえない。多面体の衝突検出では，Cyrus-Beck のクリッピング・アルゴリズムを利用している。

衝突後の動きについては２種類述べられており，一つはスプリングを衝突した部分に入れるという方法(仮想スプリング法)を述べているが，これは新しい考え方ではない。スプリング挿入方式は２物体の接触時間が長いときに役立ちそうである。もう一つも一般的な方法であり，衝突前の速度，角速度などを入力して，モーメントを保存するという条件で衝突後の値を計算している。

■ James K.Hahn, "Realistic Animation of Rigid Bodies"

オハイオ大学のアニメーション全体についての説明のような内容であるが，完成度の非常に高いアニメーションを作ってきたオハイオ大学の手法がよくわかる。剛体のアニメーション・システムに関する発表であり，使用マシンはアニメーションによく使われる Symbolics3600 で，Common LISP を用いている。アニメーション・システム全体のフローチャートを**図７**に示す。

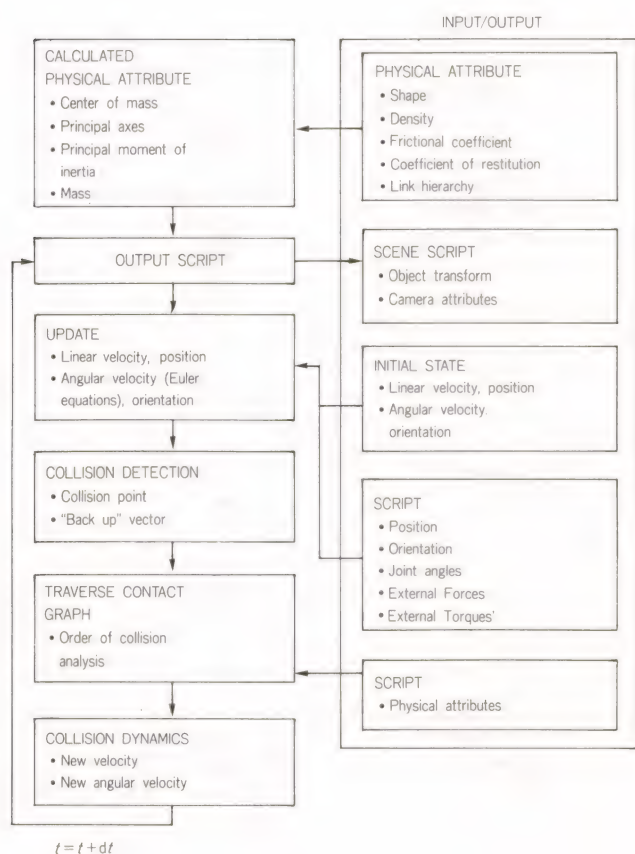
最初にオブジェクトの仕様を入力すると，図の左上の部分で計算する。アニメーションの計算に入る前に初期値を読み込む。アニメーション中に，力学の計算と並行してユーザーのスクリプトを読み込む機能がある。力学計算はオイラー-ラグランジェの式を用いている。衝突検出は一般的な方法で行っている。エッジとポリゴンの交差判定が基本で，バウンディング・ボックスも使用している。衝突後の反応の計算も通常のモーメント保存の式で行っている。

全体として，オハイオ大学の個々の技術は目新しいものではないが，完成度と実用性は最も高いように思える。

参考文献

SIGGRAPH'88 Conference Proceedings, Vol.22, No.4, 1988

Gの最新動向

特集 1

SIGGRAPH'88のテクニカルセッションでのライティング・モデルの研究について

SIGGRAPH'88で発表されたLighting Modelの論文について，ラジオシティー法の簡単な説明を含めて解説を行った。

棟安　実治*

○ はじめに

今年も8月1～5日までSIGGRAPH'88がジョージア州アトランタにおいて開催された。例年，SIGGRAPHの論文集は表紙と裏表紙に発表論文の中の優れたCGの写真を載せているが，今年特に目を引いたのは，何といっても表紙に用いられたCornell大学のGreenbergらのチームが作成したラジオシティー法による美術館内部の絵であった。これは非常にリアリティーがあり，一瞬見ただけでは実写かと思うほどの出来栄えであり，ラジオシティー法の拡散反射面に対するリアリティーをうまく利用した作品であった。

このGreenbergらの論文はテクニカル・プログラムの中のライティング・モデルのセッションで発表されたもので，聴衆から好評を得ていた。そのライティング・モデルのセッションでは，以下の3本の発表があった。

(1) "A Progressive Refinement Approach to Fast Radiosity Image Generation"
Michael F.Cohen, Shenchang E.Chen, John R.Wallace, Donald P.Greenberg (Cornell University)

(2) "A Ray Tracing Solution to Interreflection"
Gregory J. Ward, Francis M. Rubinstein, Robert D. Clear (Lawrence Berkeley Laboratory)

(3) "A New Radiosity Approach by Procedural Refinements for Realistic Image Synthesis"
Min-Zhi Shao, Qun-Sheng, You-Dong Liang(Zhejiang University)

これらの論文のうち，(1)と(3)がラジオシティー法の高速化に関するもので，(2)が拡散反射面を考慮したレイ・トレーシングの手法についてであった。セッションとしてはリアリティーとスピードが話題の中心になっていた。本稿では，このSIGGRAPH'88でのライティング・モデルのセッションの内容について報告する。

○ ラジオシティー法について

セッションの内容を報告する前に読者の理解を助けるため，簡単にラジオシティー法について解説する。

ラジオシティー法は1984年，Cornell大学のGreenbergらのチームによって発表された[1]。ラジオシティー法は，レイ・トレーシングが光学の原理に基づいて計算されるように，熱力学の原理に基づき計算される。原理式は次式で表される。

$$B_iA_i = E_iA_i + \rho_i \sum_{j=1}^{n} B_jF_{ji}A_j \qquad (1)$$

ここで，

B_i：パッチ i のラジオシティー
E_i：パッチ i の放射
A_i：パッチ i の範囲　A_j：パッチ j の範囲
F_{ij}：i から j へのフォーム・ファクタ（パッチ j を出てパッチ i に到着したエネルギーのフラクション）
ρ_i：パッチ i の反射率
n：ディスクリートなパッチの数

この式は，一言でいうと2つのパッチ A_i, A_j 間の平衡時におけるエネルギー・バランスを表現している。ラジオシティーはある

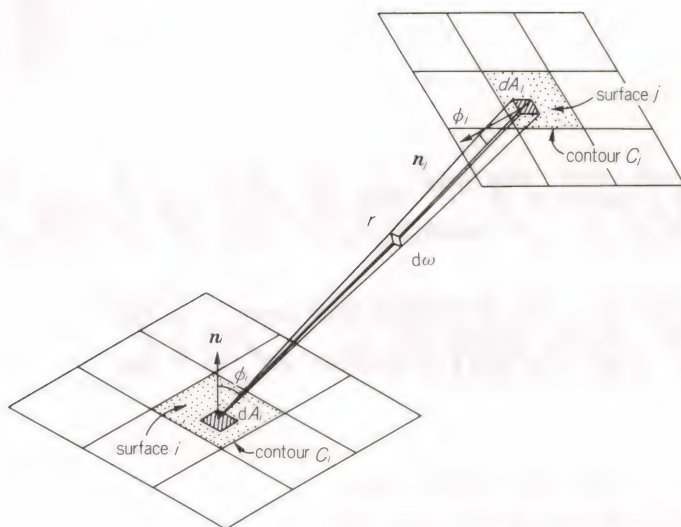
*むねやす　みつじ　沖電気工業(株)　研究開発本部　総合システム研究所　知識情報処理研究部　コンピュータビジョン研究室　〒108　東京都港区芝浦4-11-22

$dA(i)$ ＝サーフィス i 上の要素領域
$dA(j)$ ＝サーフィス j 上の要素領域
$c(i)$ ＝サーフィス i の輪郭線
$c(j)$ ＝サーフィス j の輪郭線
r ＝$dA(i)$，$dA(j)$間の距離
$d\omega$ ＝$dA(i)$から$dA(j)$を見込んだときの立体角
$\phi(i)$ ＝iの法線ベクトル$\boldsymbol{n}(i)$と線分rの間の角度
$\phi(j)$ ＝jの法線ベクトル$\boldsymbol{n}(j)$と線分rの間の角度

図1　フォーム・ファクタを求めるときの幾何学的関係[1]

図2　Hemi-Cube[3]

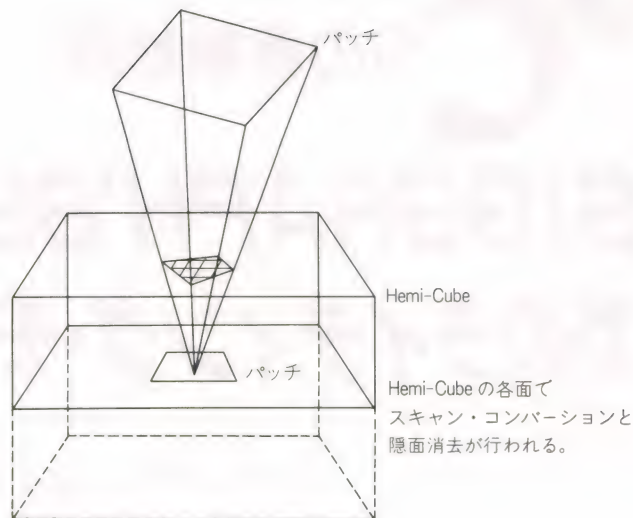
パッチA_iから発するエネルギーの総量を，フォーム・ファクタはパッチjから発したエネルギーがパッチiに到達する割合を表現している。この中でフォーム・ファクタは，**図1**のようなパッチ間の幾何学的な関係から次のように表現される。

$$F_{A_iA_j}=\frac{1}{A_i}\int_{A_i}\int_{A_j}\frac{\cos\phi_i\cos\phi_j\,dA_j dA_i}{\pi r^2} \qquad (2)$$

式(1)，(2)を用いることによってラジオシティー法は実行されるが，そのアルゴリズムは次のようになる。

ステップ1：フォーム・ファクタ（F_{ij}）を計算する。このとき，あるパッチに対してどのパッチが可視であるかを決定する必要があり，Hemi-Cubeを用いる方法により，通常のスキャン・コンバージョンとZバッファ隠面消去を使って行う。この手法[2]は，あるパッチに対してHemi-Cube（**図2**）を仮定して，その一面をスクリーンとみなして描画を行い，そのパッチから見えないパッチを決定し，その面にマップされるピクセルからフォーム・ファクタを決定する（このとき，ワークステーションなどのハードウエアが使用できる）。

ステップ2：次のラジオシティー・マトリクス方程式を，それぞれの波長帯に対する反射率に対応させてGauss-Siedel法を用いて解く。

$$\begin{bmatrix} 1-\rho_1F_{11} & -\rho_1F_{12}\cdots & -\rho_1F_{1n} \\ -\rho_2F_{21} & 1-\rho_2F_{22}\cdots & -\rho_1F_{2n} \\ \vdots & \vdots\ \cdots & \vdots \\ -\rho_nF_{n1} & -\rho_nF_{n2}\cdots & 1-\rho_nF_{nn} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_n \end{bmatrix} \qquad (3)$$

このマトリクス方程式は，フォーム・ファクタの性質である

$$F_{ij}A_i=F_{ji}A_j \qquad (4)$$

を用いて，式(1)をA_iで割ることによって得られる式から導出される。

フォーム・ファクタの定義などから容易にわかるように，このマトリクスは対角優位行列であるので，数回の繰返しで容易に収束する。

ステップ3：結果を表示する。これはビューイング・パラメータの選択，隠面の決定，ラジオシティー値の補完を含んでいる。このプロセスを図示したものが**図2**である。その他の詳しい式の導出や技術的議論，インプリメントなどについては，文献1)～3)を参照されたい。

以上のステップを図示したものが**図3**である。このアルゴリズムからわかるように，フォーム・ファクタの計算，保持に大量の計算時間とメモリを食う。この問題の解決が課題となっている。

○ セッションの内容

前節からわかるように，ラジオシティー法はかなりの計算量を必要とする。それを詳細に考えてみると，フォーム・ファクタの計算では，Hemi-Cubeの解像度とパッチの数に計算コストが比例する。全体として$O(n^2)$のオーダーの計算量が必要となる。このフォーム・ファクタの計算が，ラジオシティー法のアルゴリズムの中で最大の計算量を必要とする。これと比べれば，マトリクス方程式を解くことやレンダリングに必要な計算量は，アルゴリズムに対して大きな影響を与えない。さらにフォーム・ファクタの計算およびその結果は，大量の記憶容量を必要とする。これもやはり$O(n^2)$のオーダーとなる。そこで，このフォーム・ファクタの計算をなんらかのかたちで改良することが，このアルゴリズムを高速化，あるいはワークステーション・レベルで使用可能とするための避けて通れない課題となる。今

年の Greenberg らの論文（前記の論文(1)）は，この部分について考察したものであった。

この論文では，以下の手段を用いて高速化と省メモリ化を図っている。

1) パッチのラジオシティーを同時に更新する。あるパッチ i から任意のパッチ j へのラジオシティーの寄与は，次のように考えられる。

すべてのパッチ j に対して

$$B_j = \rho_j F_{ij} A_i / A_j \quad (5)$$

この式を使えば，1つのパッチ（特に，放射のパッチ）に対してフォーム・ファクタを求めることにより，他のパッチのラジオシティーに対するそのパッチの寄与の度合が求められる。したがって，全体のフォーム・ファクタを求めなくても，各パッチに対してこの方法を繰り返し適用することにより，徐々に各パッチのラジオシティーをリファインしていくことができる。これにより，一度にすべてのフォーム・ファクタを記憶する必要がなくなるので，メモリを節約する効果もある。

2) 環境に対するエネルギーの寄与の大きさに従って並べた順番にパッチを処理していく。つまり，放射が大きく，面積の大きいパッチから順に処理をしていく。

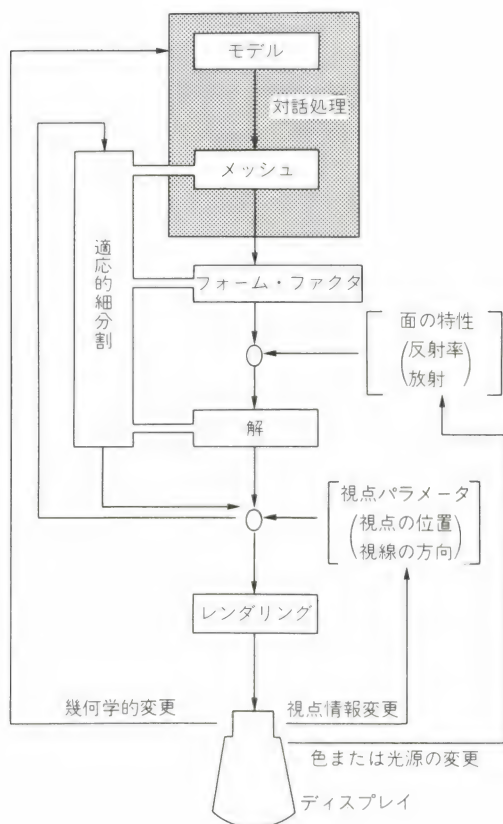



図3 ラジオシティー法のアルゴリズム

3) 背景光の項を考慮する。この項を各パッチの初期値として用い，アルゴリズム中でそれをリファインすることにより解の収束が早まる。これで，非放射のパッチのラジオシティーが速く求められる。

全体のアルゴリズムを要約してみると，以下のようになる。

a) 初期化（相互反射の項Rを決定する）
b) 与えられた放射から最初の背景光を決定する。
c) 与えられた放射に対して最初の未放射のパッチのラジオシティー（初期誤差のようなもの）を求める。
d) 背景のラジオシティーの変化率を初期化する。
e) ラジオシティーを1) の方法により求めていく。このとき，環境に対するエネルギーの寄与の大きさに従って計算するパッチの順番を決める。
f) e)を収束するまで繰り返す。

この手法によって表紙のシーンを作り，論文中では 50,000 要素からなる製鉄所のシーンの画像を示していた。これは，従来の方法ではほとんど不可能とのコメントがついていた。

ラジオシティー法についてはもう一つ，中国の浙江（Zhejiang）大学からの発表があった（前記の論文(3)）。この論文は中国から初めて SIGGRAPH に採択された論文であり，Chairman の Greenberg から激励を受けていた。内容は，拡散反射面と鏡面反射面の混在するシーンに対する新しいラジオシティー法のアルゴリズムの提案であった。拡散反射面の取扱いはラジオシティーが得意とするところであり，鏡面反射はレイ・トレーシングの得意とするところであるが，これまでのこの種のシーンに対するアプローチとしては，KajiyaのRendering equation[5]などによるどちらかというとレイ・トレーシング側からのアプローチや，Wallace らによるレイ・トレーシングとラジオシティーを組み合わせた2パス・アプローチ[6]などが提案されていた。両アルゴリズムとも，計算量あるいは鏡面形状の制限などの点で問題があった。しかし，この論文の手法を用いれば，任意の形状の鏡面に適用可能であるし，1回のパスで正しい光線のエネルギー分布を求めることができる。

それは，以下のようなアルゴリズムで実行される。

ステップ1：最初に，全体の環境が理想的な拡散反射面からなっていると仮定する。環境内のすべてのパッチのペア間のフォーム・ファクタが標準的な Hemi-Cube アルゴリズムを使って計算され，各パッチのラジオシティーが得られる。その間に，Cube 上の対応するピクセルから可視であるパッチの情報を保持したおのおのの項目をもつアイテム・バッファとして，すべての非拡散反射パッチの Hemi-Cube を保存しておく。この結果は理想的な拡散反射パッチに対しては正確であるが，非拡散反射面に対しては荒い近似でしかない。

ステップ2：初期値として最初のステップで得られた各パッチのラジオシティーを使い，非拡散面のフォーム・ファクタを再計算する。最初に，Hemi-Cube 上の各ピクセルpに対してシンメトリックな反射であるピクセルqを見つける。もし，ピクセルqに保持されている可視のパッチのインデックスがiだったとすれば，パッチkに対するピクセルqのラジオシティーは$B_i F_{ik}$である。パッチ k の双方向反射の分布関数に従っ

て，qの周辺のピクセルでデルタ・フォーム・ファクタの重み付け平均を計算し（**図4**），式(6)，(7)を使ってデルタ・フォーム・ファクタ Δf_{kp}を評価する。すべての非拡散のパッチのHemi-Cubeはデータファイルに保存されているので，このステップはデータファイルからの読込みとHemi-Cube上のピクセルのサンプリングを含むだけであり，高価なパッチのクリッピング，射影，隠面消去などのプロセルを避けている。

$$\Delta f_{kp}=\frac{\rho_k B_q \Delta A}{\rho_k \sum_s (B_s \Delta A)}=\frac{B_q}{\sum_s B_s} \tag{6}$$

$$\Delta f_{kp}=\kappa_d \Delta f^d_{kp}+\kappa_s \Delta f^s_{kp} \tag{7}$$

ここで，式(6)において，B_sは対応する方向からパッチkに到着するピクセルSに記録されているサーフィス・パッチの部分的なラジオシティーである。$(B_s \Delta A)$ はパッチ k に到着した全エネルギーを表している。式(6)はパッチ kが完全な鏡面の場合の式である。式(7)において，Δ^d_{kp} は拡散反射のデルタ・フォーム・ファクタ，Δ^s_{kp} は鏡面反射のデルタ・フォーム・ファクタ，κ_d，κ_s はおのおのの比率を表している。式(7)は不完全な鏡面における式である。

ステップ3：非拡散のパッチのより正確なフォーム・ファクタで再び連立線形方程式を解き，環境の光エネルギーの分布の新しい解を得る。各パッチのラジオシティーを前の値と比べ，もし与えられた誤差よりも差が小さくなれば繰返しを終了し，そうでなければステップ2へ戻って上のプロセスを繰り返す。

以上のような手法でシーンを生成した例が出ていたが，使用した計算機の制約によりシーンの内容が簡単な例であったことが残念であった。もっと複雑な例ができていれば，さらに注目を集めていたと思われる。

前述の論文(2)については，誌面の関係であまり詳しく紹介できないが，レイ・トレーシングから拡散反射面を含むシーンにアプローチしようとしたものであった。これも論文(3)と同様の問題をレイ・トレーシングの立場から解決しようとしたものである。拡散反射を計算する際にレイ・トレーシングで問題となるのは，光線が拡散反射面に当たったとき，無限に多くの方向に反射するために簡単には計算できないことである。

図4 サンプリングと重み付け平均

この問題を解決するために，この論文ではモンテカルロ法によって，まずレンダリング過程でサンプリングされた位置での照度に対する間接的な寄与を計算する。そして，すでに照度が計算された点のそばに光線が到達した場合には，その照度の値がある近傍全体に対して平均化され，一定の背景光の項の代わりに用いられる。

照度の計算は選ばれたビューに関係する範囲内で行われ，その結果がストアされる。その後変更されるビューにおいても，このときの値が再利用できる。さらに，シーンのあまり複雑でない部分をより高速に計算することを可能にするために，間接的な照度の計算の密度は一定の正確さを保持するように調整される。

○おわりに

以上，SIGGRAPH'88におけるライティング・モデルについて述べてきた。確かに，論文集の中の画像を見ていると，リアリティーの面からはかなりのレベルまできているといえる。ラジオシティー法にしても，ヒューレット・パッカード社（HP）のワークステーションにインプリメントされる段階まできており，今後のワークステーションには，レイ・トレーシングのパッケージと同様にラジオシティー法もパッケージとして搭載されるようになるであろう（実際にHPは発表している）。

しかし，今年のパネル・セッションには“Designing effective pictures : Is photographic realism the only answer” というタイトルのセッションもあり，やみくもにリアリティーを求める時代から，効果を考えて手法を選択する時代になってきた（むしろ，選択できるだけの道具がそろってきたというべきかもしれない）というのが感想であった。

参考文献

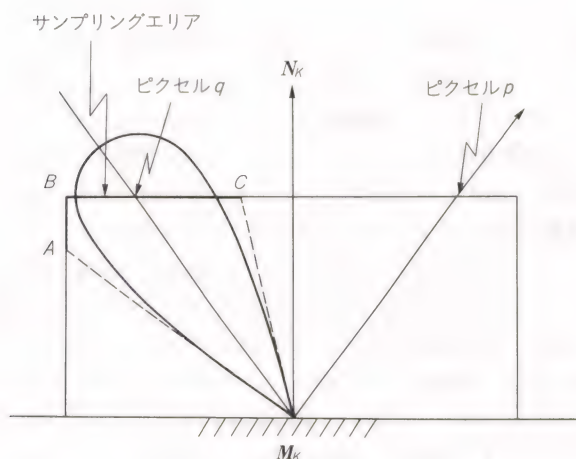
1) Cindy M.Goral, Kenneth E.Torrance, Donald P.Greenberg:“Modeling the Interaction of Light between Diffuse Surfaces”, Computer Graphics (SIGGRAPH'84 Proceedings), Vol.18, No.3, pp.213-222, 1984.7

2) Michael F.Cohen, Donald P.Greenberg:“A Radiosity Solution for Complex Environment”, Computer Graphics (SIGGRAPH'85 Proceedings), Vol.19, No.3, pp.31-40, 1985.8

3) Michael F.Cohen, Donald P.Greenberg, David S.Immel, Philip J. Brock:“An Efficient Radiosity Approach for Realistic Image Synthesis”, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.6, No.3, pp. 26-35, 1986.3（和訳「リアルな画像を生成する効率的なラジオシティ法」，日経CG創刊前秋号, pp 52-62, 1986）

4) David S. Immel, Michael F. Cohen, Donald P. Greenberg : “A Radiosity Method for Non-Diffuse Environments”, Computer Graphics (SIGGRAPH'86 Proceedings), Vol.20, No.4, pp.133-142, 1986.8

5) James T. Kajiya : “The Rendering Equation”, Computer Graphics (SIGGRAPH'86 Proceedings), Vol.20, No.4, pp.143-150, 1986.8

6) John R.Wallace, Michael F.Cohen, Donald P.Greenberg:“A Two-pass Solution to the Rendering Equation:A Synthesis of Ray Tracing and Radiosity Methods”, Computer Graphics (SIGGRAPH'87 Proceedings), Vol.21, No.4, pp.311-320, 1987.7

SIGGRAPH '88 フィルム/ビデオ・ショーおよびアート・ショー・レポート

最高水準のCGアニメーション作品が競い合うフィルム・アンド・ビデオ・ショー，インタラクティブ，立体映像などの斬新な試みのアート・ショーをレポート。

木村　卓*　安部　公太郎**

○ フィルム・アンド・ビデオ・ショー

THE OPENING AND CLOSING ANIMATIONS (Pacific Data Images)

「Film & Video Show」のロゴと今年のシンボルマークをあしらったアールデコの構造物にサーチライトが飛び交う。突如鳴り響くサイレン。空の彼方から襲来してきたのは…あのヤカンの群れであった。ついにオープニングもアニメーションになり，例年になく派手に始まったショーは,続く本編第1弾が爆笑アニメであり，その性格がまず「面白さ」にあることを印象付けた。以下プログラム順に作品をいくつかピックアップしてみる。

■ THE ART DREAM (Center for Computer Art and Animation,William Paterson College)

現代美術全集のページが繰られている。マチス，ピカソ，モンドリアンらのページになるとカメラが絵に近づいていく。それらは3次元で構成されており，普段は見ることのない裏側や細部のディテールが表現されている。3次元世界のモデリングがよくできていて,さすがに美術学校の作品であると感心した。また美術全集の絵すべてをペイント・ソフトで模写したというのには驚いた。紹介する絵画が9点と多く，BGVとしてはそれでもよいのだが，ストーリーに起伏がなかったことが残念である。

■ BEAT DEDICATION (MIT,Media Laboratory)

この作品の特色は，キャラクタのモーションの大部分をソフトウエアで処理したことである。まず，フォルクスワーゲンの顔をしたメカ蝿が登場して部屋中を飛び回る。後で判明したことだが，これは自動的に障害物を避けるようなAI応用のプログラムで作成したそうである。さてこの蝿が，ロボットのドラマーのところに飛んで来る。このロボットの演奏がこの作品のもう一つのキーポイントであり，音楽と手足のモーションをシンクロさせるソフトウエアを使用している(手作りのキーフレーム・アニメーションは用いていない)。MIDI規格のインタフェースを使用し，これを通してどんなスコアでもアニメーション化できるそうである。映像面では，スティックでドラムを叩くとその表面から金色の細かい飛沫が飛び散るところが印象的であった。また蝿の視点の映像を一瞬挿入してあったが，画面全体が上下にブレていて観客を笑わせてくれた。そして，ロボットが蝿君を撃ち落としておしまい。

■ BURNING LOVE (Pacific Data Images)

男が別れた女の家のドアを叩くが，すでに恋にさめた女に冷たくドアを閉められて悲嘆にくれるというメロドラマ。画面を

*きむら　たく　**あべ　こうたろう　㈱リンクス　制作部　〒140 東京都品川区東品川3-13-6

2次元ペイント風にする「レンダー・ストロークス」というツールを開発。それを用いて男を燃える炎のゆらぎ，女を氷を透したイメージで表現。画面全体も全編を通してゆらいでいるため，これまでのコンピュータ・グラフィックス(CG)とは一味違った出来になっている。ただ筆者の第一印象では，キャラクタを含めたモデリング・デザインに稚拙さが感じられ，せっかくの効果がかえって素人臭さをだしてしまったように思えたのは残念であった。

■ CT6 AUTOMOBILE (Evans and Sutherland)

E&Sといえばリアルタイム・シミュレーションであり，今年は凹凸面にBMWの3シリーズを走らせていた。凹凸路面は変化に乏しい幾何学形態であったが，車のモデリングはよくできていて，これがリアルタイムでレンダリングされているとは信じられない。路面の凹凸を拾うタイヤとサスペンション，そしてそれらの結果としてのボディーの動きを生み出すモーション・ダイナミクスはさすがである。演出的には1台の自動車が走り回るだけなので，例えば，クッションの具合や頭の振れなども加味した運転席からのシーンなども欲しかった。

■ A CLOSE ENCOUNTER IN THE FOURTH DIMENSION (IBM Thomas J.Watson Research Center)

ジュリア集合を用いた3次元フラクタルのオブジェが生成され，その中にカメラが入っていく。筆者には，このアニメーションの数学的な意味は難しくてわからないので，非常に興味をそそられるということしかいえない。その興味の対象となるのはアニメーションの作品としてではなく，フラクタルで生成されたそのフォルムにある。できればもう少し演出的な効果を入れて，見せる工夫をして欲しかった。

■ COMPUPHOBIA or TECHNOLOGICAL THREAT (Kroyer Films)

今年のショー本編で最初に上映された作品である。基本的には手描きのアニメーションで，はじめオープニング・タイトルの続きかと思った。ストーリーは，効率至上主義のブルドックの社長によって，12匹のサラリー犬が次々に出っ歯で眼鏡のロボット(日本人?)にすげ替えられていく。最後は社長もロボットに換えられてしまい，ただ1匹残った犬君が必死の反撃で出っ歯の眼鏡を一掃する，という爆笑アニメである。途中まで腹を抱えて笑っていたが，作品の意味する揶揄にハッと気づいて情けなくなってしまった。トータルで4分30秒の作品であるが，そのうち約1,300フレーム(約1分)を，ロボットと背景の一部をIRISで3次元処理してプロッタで線画を作り，それに手描きで加筆合成してペイントしている。なおタイトルを日本語に訳すと「コンピュータ恐怖症またはテクノロジの脅威」となる。

■ DIGITAL PICTURES ADS (Digital Pictures)

ここは英国の美術大学の卒業生らで構成されるプロダクションで，デモリールを見ると技術的にもしっかりしていて，派手さはないが安心して見ていられる。ヨーグルトのCFであったが，冷蔵庫のまわりを多数のスプーンのキャラクタが舞うのはよくできていた。個人的にはマスターカードのCFが最も好きで(これは今年のNCGAでも入賞していたが，ほんの少しバージョンが異なっていた)，切り出された水の上や横をカモやカエル，鯉のような魚が泳いだりするのでCGでしかできない映像ではあるのだが，CG臭さがなく静かで美しい。

■ FLYING LOGOS, INC. (Homer & Associates)

言ってしまえばロゴ・メイキングのプロモーション・フィルムなのだが，それを単なる寄せ集めにしない編集が冴えていた。テンポの良い映像に合わせて強力なナレーションがたたみかける。曰く「質感はクロム? 大理石? それとも透明? 虹色?」「モーションはこうかな? こうかな? それともこういうのがお好みですか?」。CGの初心者(特に発注側)が「CGではこういうことができるのだな」と納得できるような作品である。

■ JUMPIN' JACQUES SPLASH (Sogitec)

所はパリ，ペルシャ絨毯にルイ14世様式の家具が置かれたネオ・クラシシズムのアパルトマンの階上の1室。ビックのライターが華奢なシガレットを口説き，まさに火を付けようとしたその瞬間，威風堂々たる銀のライター氏(御主人?)が現れる。間一髪窓から逃れたビック君が建物の角を回り込んで見たものは…同じように壁にへばり付いている各色のビックの群れであった。オシャレな一編である。インテリア，特に様式家具の精緻な曲線，そしてクッションのデザインには恐れ入ってしまった。残念なのは窓のカーテンがいま一つ力不足だったことと，物体の影がなかったことである。しかし，これは重箱の隅をつつくようなもので，期間中の情報紙にも「フランスのアニメーションの最新動向」として記事が掲載され，注目を浴びていた。

■ KEY CHANGE (University of Utah)

ここでは，普通の写真にCGを無理なく合成することに挑戦している。素材となったのはユタ大学のホールで，石造の建造物である。窓から飛び出している大きなゼンマイを巻くつまみや，ホールの玄関から出てくるピアノの鍵盤などを影を付けて合成している。これらは実際に建物の形をデジタイズして影を計算させている。コミカルな要素も含んではいるが，少し真面目にやり過ぎた感がある。

■ MATHEMATICA-THE THEOREM OF PYTHAGORAS (CalTech-Project Mathematica)

メカニカル・ユニバースでお馴染みのジム・ブリンがピタゴラスの定理を視覚化した。相変わらずの見事さには舌を巻いてしまう。いくつかの見事に決まったシーンでは会場から思わず拍手と声が飛んでいた。メカニカル・ユニバース以来の彼の作品には，ただ原理・公式をわかりやすく説明しているというだけではない，他では得られない感動がある。教育に携わる人を含め科学心をもつ人には必見の作品である。

■ NATURAL PHENOMENA (Alias Research, Inc.)

自然現象について3つの作品が上映された。一つはもみの木の成長する過程をシミュレートしたもの。もう一つは部屋の中で粘性のある球体が上向きにどんどん湧き出ては床に落ちていく様子を，そして本の上をはうミミズをシミュレートしたもの。このミミズはSIGGRAPHの発行したカレンダーにも登場しており，1カ月間これを眺めなければならない。

■ PARTICLE DREAMS (Whitney Demos Productions)

細かい大量の粒が滝のようにさらさらと流れ落ちる様子をシミュレーションしている。コネクション・マシンで作られたこ

のアニメーションは，“Tin Toy”のような人間の創作による面白さとは全く逆の，ある意味ではCG本来の面白さをわれわれに見せつけてくれた。もっともCGのことを知らない人が見たら，たいして面白くないのかもしれないが，われわれにとっては開いた口がふさがらないほどの出来であった。

■ PENCIL TEST (Apple Computer,Inc.)

アイコンのエンピツがマックのCADソフトのメニューから転げ落ちてしまい，もとの画面に戻るために奮闘努力するコミカルな作品。シンプルな鉛筆のキャラクタ(厚みすらない)に感情移入させる演出のうまさが冴える。日本のパソコン・マニアにこのような作品ができるだろうか? サウンドも映像もすべてをマックで処理。さすがに観客の反応もよく，マックの人気の高さがうかがわれた。

■ RHYTHM & HUES (Rhythem & Hues, Inc.)

このプロダクションは，もとエイブルのスタッフらが作った新しい会社である。歴史こそ浅いが，技術的にもクリエーティブ的にもハイレベルな制作をするプロダクションとして，今最も注目されているそうである。このデモリールのオープニングで“RHYTHM & HUES”の文字が舞台の上を走り回る部分では，ソフトオブジェクト・アニメーションという，物体を伸ばしたり縮めたり変形することが簡単にできる手法を使い，擬人化した動きをコミカルにだしていた。デモリールに収められている作品はどれをとっても質が高く，この1年あまりでよくこれだけ制作したなと感心させられる。他のアメリカのプロダクションの作品も含めてだが，特にRHYTHM & HUESの作品を見て思ったのは，どの作品もある一つのトーンで結ばれていて，それはソフトウエアのせいだけではない何か，自分も含め日本のそれとはかなり感覚の違うアメリカの色というか匂いが感じられるのである。もちろん，どちらが良くてどちらが悪いという問題ではないが。

■ SEXTONE FOR PRESIDENT (Kleiser-Walczak Construction Co.)

あのアーノルド・シュワルツェネッガーを模した“ネスター・セクストン”というキャラクタが筋骨隆々たる上半身を見せながら演壇に立ち，過激な演説を行う。ショーの会場自体が数日前まで民主党全国大会の行われていた場所であり，そこでの“大演説”は日ごろ政治とは無縁に思える聴衆をも熱狂させていた。アメリカでは人間のシミュレーションは確実にその成果を固めつつあるが，日本ではそうした研究が少ないのが残念である。

■ SIO BENBOR (Fantome)

この作品は「バイオセンサー」(1984年，リンクス・福本隆司)のパロディーである。同じサウンド・エフェクトで背景もそっくりであり，ここをリンクスのトラ・ロボットを模したコミカルなキャラクタが歩いてくる。キャラクタの腹の中にネズミがいたり，口から発射される稲妻が届かないなどのユーモラスなオチがついて愉快な作品に仕上がっていた。ショー初日には受けていたが，最終日にはオリジナルを知る人が少なかったせいか「よくわからない」という雰囲気が漂っていた。

■ SPACETIME CONSTRAINTS (Schlumberger Palo Alto Research)

ピクサーの名作「ルクソー・ジュニア」をモデルに，動きを解析してワイヤー・フレームでまとめた小品である。単なるパロディーではなく，生物の筋肉の動作とその結果としての動きをシミュレートした真面目な作品である。内容は，①スタンド台部の質量の違いが歩き方(跳ね方?)にどう影響を及ぼすか，②応用としてのスキー・ジャンプとハードル・ジャンプ，である。「ルクソー・ジュニア」が手作りモーションであるのに対して，この作品の動きは生体の解析と機構学を応用したプログラムにより生み出されている。コミカルな動きというものは普段われわれが目にしている見慣れた動き(特に人間の)が，他の生物あるいは無機的な物体によって演じられたり，またその動きがある原因で中断，矮小あるいは誇張されたときに生じる。それらの演出自体は手描きアニメーションにおいて確立済みであり，特に中断・矮小・誇張などはプログラム化がなされればパラメータの処理で実現できる。現状では，生体のモデリングとモーションが課題である。モデリングは前述のSextone for Presidentのような挑戦がなされているが，この作品では電気スタンドという機構が明快なモデルを使用することで，演出上の面白さとモデリングの容易さという一石二鳥の解決を図っている。そしてモーションのプログラム化が実際に成功したときに，われわれはコミカルな表現を自由に駆使することができるのである。

■ TIN TOY (Pixar)

このピクサーの最新作が前半のトリを務めた。太鼓とシンバルを背負ったオモチャの人形が登場するが，相変わらずの「生きている」キャラクタである。ルクソー・ジュニアそしてレッズ・ドリームと高度な作品を連発してきたピクサーに，今回あえて一言を呈するとすれば，人形の足もとの影がないために床から浮いて見えたことである。しかし，これも部屋の向こうから赤ん坊が現れるまでの一瞬のことであった。この赤ん坊は，輪投げの輪を涎をたらして齧る物凄いキャラクタであり，人形ならずとも目が点になってしまった。この赤ん坊については，ポリゴンがどうのアニメーションがどうのということは，この先ビデオを入手して何回か吟味してからの話であり，残念ながら今思い返しても「この生き物は怖い」というイメージしかない。今年のSIGGRAPHの“2大怖いもの”は，この赤ん坊とエイリアス・リサーチ社のミミズであった。

■ Mike,the Talking Head (deGraf/Wahrman Inc.)

総合司会のマイク・グリブル(Mike Gribble:アニメーション・フェスティバルのプロデューサー)が，“マイク”とインタラクティブな会話を行う。“マイク”はIRIS 4D/70GTでリアルタイム・レンダリングされる顔だけのキャラクタで，会場の後方に設けられた特設ブースで，ジョイスティックや音声入力などで操作され，その場に置かれたIRISでリアルタイム処理されてビデオ・プロジェクタでスクリーンに映し出され，壇上のマイク(本物)のおしゃべりの相手を務めていた。

“マイク”のモデリングは，まず後述するアクション・コードとトポロジカルに対応する基本モデルを机上で作成。これにデジタイザで取り込んだマイク・グリブルの顔のデータをマッピングして多数のキー・モデルを作成(そのほとんどは発生時のも

のである)。ここではサイバーウエア社の3D高速レーザー・デジタイザとIRISの組合せで，シェーディング画像が1分で得られ，効率良く作業ができたそうである。キー・モデルに対応するアクション・コードは表情を記述する低レベル言語であり，これをIRISで高速に中割りとレンダリングをすることでアニメーションが実現されている。

インタフェースおよび中割りソフトはよくできていて，発声時の口唇の動きをはじめとする表情の変化や，さらに目玉が飛び出したりする誇張した動きまでかなり自由な操作ができていた。

○ アート・ショー

アート・ショーは，製品展示会場と同じワールド・コングレス・センターでSIGGRAPHの会期中展示されていた。内容としては，静止画像のパネル展示，コンピュータを利用して制作されたオブジェ，ネオンアート，キネティックアート，スコープなどで見せる立体映像作品，そしてインタラクティブな作品(これはコンピュータで作られた作品というより，コンピュータやその周辺機器すべてを含んだシステムそのものが作品である)，またレーザーによる立体映像のアニメーションも上映されていた。ここでは筆者自身の感想をいくつか述べる。

■インタラクティブ作品

● Very Nervous System

これが展示されている会場へ行くと，まわりが高いついたてで囲われており，フロアの中心をスポットライトが照らしているだけである。中心へ進んで行くとどこからともなく音が聞こえてくる。何だろうと歩き回るうちに自分の動きがビデオカメラで撮られており，その音と密接な関係があることに気づく。するとたいていの人は，どういう動きをするとどういう音になるかを確かめたくなり，皆そこで踊りだすというわけである。その音というのも単なる音の羅列ではなく，それなりに音楽になっているところがミソであろう。しかしこの作品はCGといったいどんな関係があるのかこれだけでは理解できないが，どうもカメラで捕らえた映像を音(音楽)に変換するところに作者のオリジナリティーがあるようだ。自分で踊った(というよりは暴れた)かぎりではどのような法則に基づいて変換しているのかは不明だが，これだけにとどまらずさらに有意義な利用法を期待したい。

● Plasm : A Nano Sample

これはSilicon Graphics社からの出品である。可動式のスタンドの上にバー状のハンドルが付いたモニターがあり，チルトや移動が楽に行えるようになっている。モニターにはメッシュ状のCGが映されており(このCG自体は面白くもなんともない)，モニターを動かしてみるとそのCGもそれに応じて動くのである。つまり，コンピュータの中の風景をモニターを通してのぞいているのである。モニターの位置と角度からカメラ位置を計算し，リアルタイムで表示しているようだ。コンピュータの内部世界を人間の世界に取り出す新しい方法の一つであろう。これをもう少し突き詰めて，例えば眼鏡状の物に2つの小さなモニターを付け，それを掛けるとコンピュータで作られた世界が立体像として見え，さらに頭を動かすと自分があたかもその世界にいるように映像が動けば非常に面白いと思うのだが。

● Bird Cage & Word Processor

Bird Cageは鳥かごの中にロボットの鳥がおり，その顔にあたる部分が小さなモニターになっている。モニターには人間の目が映し出されており，まわりが暗くなると頭を垂れて目をつぶってしまう。鳥といっても鳥の形をしているわけではない。Word Processorは小型のグリーンモニター付きコンピュータのようなもので，モニターには人間の口の部分が表示されている。キーボードを叩くと，そのキーに応じたアルファベットや記号を合成音声が喋り，同時にモニターの口も喋るというもの。単語を入力してもその単語を発音するわけではなく，口の映像も数パターンしかないので一見何の役にも立たないようだが，このような作品は好きである。

■立体映像作品

今回，立体作品を展示するのに一般的に使われていたのは，光源を内蔵したスコープであったが，いくつかの新しい試みもなされていた。

“White House”は左右の画像(プリント)を縦に並べ，プリズムの付いた眼鏡で立体視させるというもの。つまりレンズの代わりにプリズムが付いており，一方の目は上の絵を，もう一方の目は下の絵を見るように調整されている。方法としては斬新なアイデアではあるが，はたしてこの方法によるメリットは何かあるのだろうか。筆者の感じでは特に立体視に優れた方法とも思えなかった。

作品のタイトルは不明だが，レンチキュラー・レンズ(カマボコ状の細いレンズをたくさん敷き詰めたもの)を使用した作品があり，あるものは視点の移動による簡単なアニメーションも組み込んでいた。この方法は左右2枚の画像だけでなく，その中間のいくつかの画像も1枚の画像に合成するので，ある程度のアニメーションを表現することができる。原理的に大きい物や目の前まで飛び出すような立体感の豊かな物を作るのは難しそうだが，立体視をするのに特別な機器が不用であり，かつホログラフのように光の状態を選ばず，色の再現性が良いのは大きな利点であろう。

レーザーによる立体アニメーションはポラロイド方式による立体視であったが，レーザーは輝度が高く，ワイヤー状なので立体効果は良くでていた。しかし内容はいま一つ面白くなかった。そもそもレーザーは効果としては面白いが，具体的な物を描くのには適さないような気がする。

■アート・ショーに思うこと

アート・ショーという名目だが，製品，アニメーション以外の寄せ集めという感じがしないでもない。これらがどういう基準で選ばれたのか筆者にはよくわからないのである。ここではCGをかなり広義にとらえているようだ。アート・ショーというよりむしろCGに関連したさまざまな利用法，発展性や可能性を提示することを前面に出した方が，少なくともSIGGRAPHに集まる人々には興味の対象となり，SIGGRAPHらしいのではないだろうか。

3次元モデラーとレンダラーを結ぶ The RenderMan Interfaceの概要

Pixar社の呼びかけに賛同した各社により作られたCG用データ規約「レンダーマン・インタフェース」の概要について説明する。

今間　俊博*

◉図1は次ページ。

○はじめに

「The RenderMan Interface」とは，コンピュータ・グラフィックス（CG）のあらゆるアプリケーション間を結ぶデータのインタフェース規則である。PHIGSやIGESと似た部分も多いインタフェース規則であるが，その内容にはCG独特の多くの属性情報が取り込まれている。そのため，これまでのインタフェース規則よりも，より細かな内容を含んだCG画像記述が行える。

これら「CG画像の記述規則」のことを，一般には「Scene Description Interface」または「Scene Description Language」とよんでいるが，RenderManの場合，これらの記述はC言語からの呼出しを可能としており，従来のものより移植性を高めたものとなっている。

○Pixar社の活動

Pixar社は，映画プロダクションであるルーカス・フィルムの特殊効果を担当しているILMの一部門として生まれた。ILM以前の映画で用いられていた（特殊効果など）画面合成作業は，オプチカル・プリンタとよばれる装置によって光学的に行われてきた。

このオプチカル・プリンタは使用方法が難しく，操作する人間が熟練しないときれいな仕上りはなかなか望めなかった。この部分を改良したのがデジタル画像合成技術である。デジタル画像合成によって得られた合成画像は，オプチカル作業によって得られた合成画像よりも扱いやすいだけでなく，高品質な画像を得られるというメリットがあった（この扱いやすさは，デジタルというメディアのもつ共通の性質である）。

ILMがこの分野に挑戦し始めたころは，デジタル画像合成ではなかなか高品質な出力画像は得られなかった。それは，主にメモリなどハードウエアの値段の問題や，画像の入出力機器の未熟さに妨げられていたためである。例えば，35mmフィルムの粒子のレゾリューションは約2千数百程度といわれているので，3,000×3,000程度のフィルム画像入力装置を必要とするが（実際には，フィルムの粒子のレゾリューションはアナログ量なので，はっきり決まっているわけではない），当時，このレゾリューションを満たすデジタル画像入力装置は，ドラム型のスキャナしかなかった。ドラム型のスキャナで映画のフィルムを1コマ1コマ入力していくのは，作業効率から考えても現実的ではない。しかし，これらの問題が解決されていくに従い，デジタル画像合成の出力はどんどん良くなっていった。

ILMにおけるデジタル映像のもう一つの研究テーマは，3次元レンダリングであった。ILMが行っている映像の特殊効果には，模型やミニチュアがしばしば使用されているが，これをCGで置き換えてしまおうという発想である。しかし，残念ながら3次元レンダリングの研究は，ILMの中でコスト的に良い効果をもたらす前にPixar社へ受け継がれた。

○RenderManの生まれた背景

The RenderMan Interfaceの考え方は，よりリアルなCG画像を作ろうというPixar社の活動から生じている。リアルなCG画像を作ることを，彼らは「Photorealistic Image Synthesis」とよんでいるが，現実のカメラで写したような写実の世界を，コンピュータだけで作成するのがPixar社の目標ともなっていたのである。このPhotorealistic Imageへの変遷を，実際にコンピュータから出力されたCG画像を用いて検証してみたい。

図1は，ワイヤー・フレーム・モデルによる電球の画像である。ワイヤー・フレーム・モデルは高速な画面表示などに優れており，ディテールを含んだ画像に用いるとデータの関連性が

*こんま　としひろ　伊藤忠テクノサイエンス㈱　テクニカルアドバイザー　〒154　東京都世田谷区駒沢1-16-7

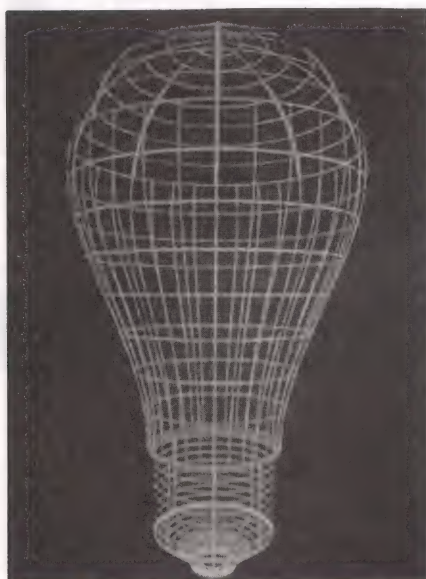



図 1

図 2

図 3

把握しやすい。半面，奥行き感に欠け，人間が立体として全体像をとらえるのには不向きである。ワイヤー・フレーム・モデルは現在でもCADなどにおける形状表示に使用されている。

図2は，サーフィス・モデルとよばれるレンダリング出力画像の一つである。レンダリング技術はフラット・シェーディングを用いている。ワイヤー・フレーム・モデルに比べて奥行き感がつかみやすく，人間が立体物としてとらえることができる。また，面を表示する技術の中では比較的アルゴリズムが簡単・高速であり，ハードウエア化しやすい。しかし，物体表面の形状はワイヤー・フレーム・モデルと同じ平面であり，曲面の近似表示技術としてはきわめて稚拙なものである。フラット・シェーディングによるサーフィス・モデルは，フライト・シミュレータなどの高速画像出力装置や，マイクロコンピュータなど計算スピードの遅いコンピュータのシェーディングによく登場する。

図 4

図3もサーフィス・モデルとよばれるレンダリング出力画像の一つである。レンダリング技術はグロー・シェーディングを用いている。これでやっと物体表面が曲面らしくなってきた。しかし，物体のエッジをよく見ると曲線になっておらず，相変わらずワイヤー・フレーム・モデルと同じ直線のままである。また，このシェーディング技術は，平面の集まりから曲面を近似するときに物体表面の色の補間を行っており，色のマッハバンド（周期的に出る縞）がでることを防止できない。どちらにせよPhotorealistic Imageからはほど遠い。このシェーディング技術も比較的アルゴリズムが簡単・高速であり，ハードウエア化しやすいためCADなどにおける形状表示に使用されている。

図4は，図1～3と比較してはるかに実写に近く，いわゆるPhotorealistic Imageをねらった画像である。物体表面のシェーディング技術はフォング・シェーディングであるが，より本物らしくみせるためにオパシティ，リフレクション・マッピング，テクスチャ・マッピング，リフラクション・マッピング，シャドーイングなどの効果を加えている。アルゴリズムが複雑で計算時間を多く必要とするためハードウエア化には向いていないが，パラレル処理などによる生成スピードのアップが図られている。

○ ユーザー・インタフェースとRenderMan

3次元レンダリングの研究を続けるうちに，彼らは実際に画像を作成する人間と，画像を作成する道具（ソフトウエアとハードウエアを含む）を分ける必要がでてきた。Photorealistic Image Synthesisを目指した彼らの活動の最初の時期には，道具を作製する人間と画像を作成する人間は基本的に同じであっ

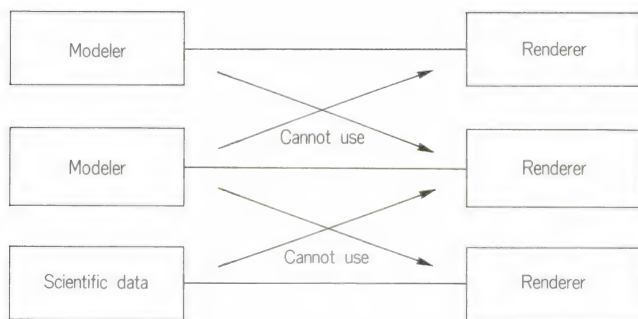



図5　RenderMan を使わない場合

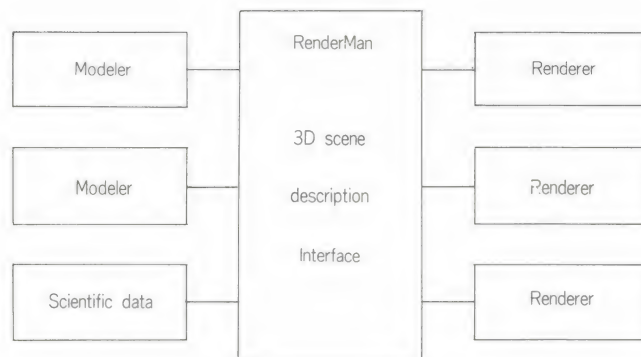



図6　RenderMan を使った場合

たため，作業を分ける必要はなかったのである。しかし，これらの画像を作成する道具が広く一般に使われていくに従って，道具を作製しない人間が画像を作成する場合も増えてきた。つまり，3次元レンダリングによる画像作りがよりリアルな画像を目指したために画像を作成する道具が難しくなり過ぎ，誰もが道具を作れる状況ではなくなってきたのである。

これはまた，道具としてのCGを誰もが使えるようにするためにユーザー・インタフェースを良くしなければならなくなってきたことも同時に意味していた。このCG画像を作る際のユーザー・インタフェースの部分を受け持っているのが「モデリング」のソフトウエアであり，それまで使われてきた画像を計算し出力する部分が「レンダリング」のソフトウエアである（初期のCGソフトウエアにはこのモデリングの機能のそろっているものは少なかった）。こうして，各社がモデリングとレンダリングをそれぞれ別個に作り始めたのであるが，これは，ユーザーにとってはなはだ都合の悪い事態を引き起こした。A社のモデリング・ソフトウエアで作られた画像のデータが，B社のレンダリング・システムでは使うことができなかったのである(**図5**)。

このため，各社が使っているモデリング・ソフトウエア，レンダリング・ソフトウエアにデータ互換性をもたせて，ユーザーの使い勝手を良くすることが必要であった。RenderMan以前にもこうした目的のためにPHIGSやIGESなどのデータのインタフェース規則は存在したが，これらの規則にはCGのもつ数多くの属性情報が不足していたのである。このためPixar社の呼掛けに**表1**のようなメーカーが集まってミーティングが行われた。この結果として生まれたのが「The RenderMan Interface」（**図6**）である。

また，現在このThe RenderMan Interfaceは，**表2**のようなメーカーが使用に対する支持を表明している。

表1　RenderMan Advisory Council

●Alias Research Inc.
●Apollo Computer
●Ardent Computer
●Autodesk Inc.
●Digital Arts
●Digital Equipment Corp.
●IBM
●Intelligent Light
●MIPS Computer Systems Inc.
●Pacific Data Images
●Silicon Graphics Computer Systems
●Stellar Computer Inc.
●Sun Microsystems Inc.
●Symbolics Inc.
●TASC
●Walt Disney Productions
●Wavefront Technologies

表2　RenderMan Endorsements

〈Hardware Suppliers〉
●Apollo Computer
●Ardent Computer
●Digital Equipment Corp.
●MIPS Computer Systems Inc.
●NeXT Inc.
●Prime Computer Inc.
●Stellar Computer Inc.
●Sun Microsystems Inc.
●Symbolics Inc., Graphics Division
〈Software Suppliers〉
●Alias Research Inc.
●Autodesk Inc.
●Digital Arts
●Intelligent Light
●Synthesis Software Solutions Inc.
〈End-Users〉
●Industrial Light & Magic
●Pacific Data Images
●R/Greenberg Associates
●The Analytic Sciences Corp.
●Walt Disney Company

○ RenderManの規則

ここでは，RenderManの規則についてふれる。誌面の制約もあり，RenderManの豊富なファンクションをすべて記載するのは無理なので，一部を例にとって説明する。

RenderManのデータはアスキーテキストによって記述される（これはシステム間のデータ・インタフェース規則であるから，ユーザーが自らのシステムの内部でこの規則を実現する場合はアスキーテキストにこだわる必要はない)。すべての機能がC言語の関数に似た形態をとっており，一見データ列というよりC言語のプログラムのようである。

例えば，最も基本的な「Polygons」は以下のようになる。

```
Rtpoint    points[4] ;
RtColor    colors[4] ;
RiPolygon(4,"p",points,"Cs",color,RI_NULL);
```

ここで使用されている Rtpoint, RtColor などは，それぞれ以下のように定義されている。

```
typedef    float    Rtpoint[3] ;
typedef    float    RtColor[3] ;
Rtpoint[0]=x;
Rtpoint[1]=y;
Rtpoint[2]=z;
RtColor[0]=Red;
RtColor[1]=Green;
RtColor[2]=Blue;
```

RiPolygon(4,"p",points,"Cs",color,RI_NULL)；の意味はそれぞれ以下の通りである。

4：この Polygon は Rtpoint 4 つから構成されている
"p"：この次のパラメータは Rtpoint の記述である
points：Rtpoint の変数名
"C_S"：この次のパラメータは RtColor の記述である
color：RtColor の変数名
RI_NULL：パラメータ列の終り
(これは Gouraud-shaded polygon の例である)

このように，RenderMan では１つ１つのデータに多くの自由度を与えてある。RenderMan のデータは，RiPolygon の他に以下のようなものが定義できる。

Attributes, Shading attributes, Color, Opacity, Texture Coordinates, Camera, Display, Hider, Light sources, Surface shading, Volume shading, Shading rate, Shading interpolation, Matte objects, Geometric attributes, Linear transformation, Non-linear transformation, Deformations, Displacements, Projections, Patches, Quadrics, Motion, Ray tracing, Bump maps, Environment maps, Shadow...

これらの属性には，それぞれハイアラーキーに下部属性が存在するので定義可能な物体形状，属性の種類は相当数に達する。CG の画像表現に対する自由度は PHIGS などよりはるかにきめが細かい。それだけに，このインタフェース規則を使いこなすには，少なからず CG への知識と経験が必要となるであろう。

○ RenderMan の今後

RenderMan のデータにとって，モデリング・ソフトウエアや数値解析ソフトウエアはその受給元であり，レンダリング・ソフトウエアは供給先である。それらのソフトウエア・サプライヤにとって，はたして RenderMan はどのような意味をもつのであろうか。また，画像作成作業を行っているエンド・ユーザーにとってはどうであろうか。

The RenderMan Interface そのものを自由に使いこなすには，確かに CG への知識と経験が必要となるであろう。しかし，Pixar 社をはじめとするこの規則への賛同者はそのような部分についてそれほど心配していない。なぜなら，The RenderMan Interface 自体は，エンド・ユーザーに対する仕様ではなく CG ソフトハウスやサードパーティを期待したものなので，ユーザーからみればただのブラックボックスにすぎないからである。むしろ，RenderMan に賛同する会社が多いほどデータ互換性のあるソフトウエアが出回り，そのメリットはエンド・ユーザーに還元されるであろう。逆に，この規則を無償公開した Pixar 社をはじめとするシステム・サプライヤの考え方は，そのユーザーに対するメリットを高めることによって，RenderMan のデータ規則を採用したシステムが多く出回ることを期待している。そして，RenderMan に賛同するエンド・ユーザーの考え方は，多くのシステムがデータ的に結合することによる画像作成作業の効率化と分業化であろう。今後の各社の動向が興味深い。

BIBLIOGRAPHY

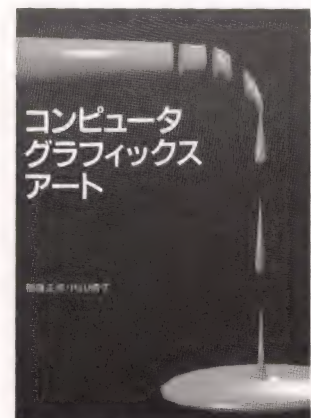
コンピュータ・グラフィックス・アート

著/稲蔭正彦，内山博子
発行所/パーソナルメディア
☎03 (495) 6241
初版発行日/昭和 63 年 6 月 10 日
定価/2,800 円
判型/B5 判
ページ数/179 ページ

フレスコ画やテンペラ，油彩などを経て，近年のアクリル絵の具の出現によって引き起こされた表現技法の発展にもみられるように，アートにおいて画材一つをとってみても表現技法の変革は目覚ましいものがある。そして現在では，コンピュータ技術の著しい進歩が芸術の世界にも新しい変革をもたらしている。

本書は，TV-CM やテレビ番組，博覧会などの大型映像を通してわれわれに幻想的，かつ奇抜で，かつては見ることができなかったような新鮮な映像を見せてくれるコンピュータ・グラフィックス技術の基本的な解説とともに，ポップアートの台頭や，スーパーリアリズム，シュールレアリズムなど現代の芸術を概観しながら次世代の芸術表現の道具としてのコンピュータ・グラフィックスの可能性を探っている。また，コンピュータ技術と芸術の融合による新しい表現形式を追求している。

本書は５章からなり，各章は次の通り。◎アートとテクノロジーの間◎ツールとしてのコンピュータ・グラフィックス◎ツールの探究◎コンピュータ・グラフィックス・アートの可能性◎コンピュータ・グラフィックス工房

特集 1

SIGGRAPH'88機器展に見るスーパーEWS

SIGGRAPH '88 機器展での EWS を，シリコン・グラフィックスやアーデントのスーパー EWS を中心に概観する。

井川　勲*

SIGGRAPH'88 の機器展示は，8 月 2 日から 4 日にかけてジョージア州アトランタのワールドコングレスセンターにおいて開催された。展示場は 9,900 m²という広さの巨大な体育館のような場所で，250 社の出展があった。機器展示場では，各社がグラフィックスに関係するさまざまな機器をアピールしている。筆者は仕事の関係上，スーパー・ワークステーションとよばれるような強力な浮動小数点演算能力をもつ EWS（エンジニアリング・ワークステーション）を主に見て回った。これらの EWS は近年特に能力が増し，コストダウンが進み，われわれにとって身近になってきた。展示場においても，広いブースで展示されているのが印象に残った。ただブースで見ただけでは EWS の性能を語ることは不可能なので，ここではブースの印象と各社から発表されたデータを述べるにとどめる。

○ 各社の展示

シリコングラフィックスは，広いブースを 2 つ使って大々的に宣伝していた。ブースはガラスを仕切りに使ってイメージを統一し，その中で 20 人くらい集めてセミナーまでやっていたほどである。展示場では，最上位に位置付けられる新機種 4D/GTX と 4D/80 を発表した。4D/GTX は，turbo（GT）でネックとなっていたグラフィック・エンジンのパイプラインへのデータのバンド幅を広げることによって（VME バスの採用を取りやめた），ポリゴン描画で 250 %，ピクセル描画で 500 %の性能向上を達成した。さらに，グラフィック・システムの機能を強化したことにより，CPU はグラフィック・エンジンにデータを流し続ける必要がなくなった。このため，1 秒間に 10 万ポリゴンを描画しながら CPU の能力の 30%しか必要とせず，残りの 70%は純粋に計算に使えることになった。4D/GTX は 10 月にリリースの予定で，1 秒間に Z バッファで 3 次元グロー・シェーディングの四角ポリゴンを 10 万個か，500 万ピクセルを取り扱うことができる。B-Spline をハードウエアでサポートし，そのグラフィック・エンジンの性能は平均 40MFLOPS ピークで 100MFLOPS を達成する。また，GTX に加え，RISC ワークステーションの最上位機種として 4D/70 の次の 4D/80 を計画している。これは 16.7 MHz の CPU を使い，メインメモリを 144 M バイトまでアクセスできる。現在の機種は新製品にアップグレードでき，すべてのアプリケーションはコンパイルし直さなくとも動作するという。別会場で行われたフィルム・アンド・ビデオショー（FV ショー）では，3 次元デジタイザで取り込んだ人の顔と，司会者とを応答させるショー（Mike, The Talking Heads）が行われた。会場に IRIS が持ち込まれてその場でリアルタイムで操作されたり，FV ショーの多くの作品に IRIS が使われるなど，グラフィック・ワークステーションとしての IRIS について強い印象を受けた。

サン・マイクロシステムズは，7MIPS で 1 秒間に 15 万本の 3 次元ベクトルを変換・表示でき，2 万個のグロー・シェーディングの三角形を描画できる CXP を登載した新製品 Sun-4/150CXP と，24 ビットのフルカラー・フレーム・バッファと 1 ビットのテキスト用モノクロ・オーバレイ・プレーンを組み合わせた低価格の Sun-4/110TC を展示した。また，整数演算で

*いかわ　いさお　(株)イマジカ　研究開発室　〒140 東京都品川区東品川3-13-6

25MIPS, 実数演算で 12.5 MFLOPS の能力をもつ TAAC-1 と組み合わせた Sun-4/150TAAC を6万3,400ドルという低価格で売り出した。ソフトウエアは，PHIGS と上位互換の Sun-PHIGS, X11/NeWS や Pixar 社の The RenderMan Interface の対応についても発表された。その他にも，IBM グラフィック・ターミナルのエミュレータなどのブースでも Sun と接続する入出力機器の展示が多くみられ，低価格化と応用製品の広がりを印象付けられた。

アーデント・コンピュータは，会場に数台の TITAN を持ち込み，グラフィックスの実演をやっていた。TITAN の現物を見たのは初めてだが，冷蔵庫くらいの大きさで IRIS や Sun より大きい。基板1枚がかなり大きいという話である。TITAN は，16MIPS の RISC チップに 16MFLOPS のベクトル演算ユニットと 32K バイトのキャッシュ・メモリを付けた基板を，最大4枚 256 M バイト／秒の高速バスを介して 32 M バイトのメモリ基板4枚と，1,280×1,024×32 ビットの表示能力をもつグラフィック・エンジンにつなげた構成になっている。TITAN のねらいは，高速な演算能力（ピーク時 64 MFLOPS）による科学シミュレーションを高度な表示能力（Z バッファでグロー・シェーディングされた三角形を1秒当たり 20 万個）によって可視化することである。実際に展示場でも種々のシミュレーションをアニメーションにしてビデオで見せると同時に，実機でも Doré を使ってビジュアルの操作を宣伝していた。さらに，アーデント・コンピュータでは，アニメーションになったシミュレーションを 8mm フィルムにして，おもちゃの映写機にセットしたものを配っていた。内容は，分子模型のシミュレーションものと，スペースシャトル，ヘリコプターのローター，海流や旗のなびく様子などの流体シミュレーションを集めたものの2種類があって，なかなか面白い。

資料によれば，このスペースシャトルの風洞実験のシミュレーションは，偏微分方程式を解いてシャトルと大気との相互作用を解いたものであり，部分解にはフレッドホルムの積分方程式を解くためにパネルメソッドを用いた。この計算はシャトルの方向を決定し，800×800 の格子状の要素に対して約 17,000 万回の浮動小数点演算を必要とする。演算結果は，シャトルの方向を変化させた場合の再計算時に利用するために保存しておく。この計算結果が，シェーディングされたシャトルと同時に，その点の圧力の差が色相の違いとして表示される。TITAN が他のワークステーションと違うのは，シャトルの方向を変えたときリアルタイムで圧力が再計算されて即座に表示される点である。さらに空気の流れを見るために，その点の圧力で色付けされた小片が流れに沿って動き，アニメーションされている。

8月3日の夜にホテルのスイートルームを2部屋使ってアーデント・コンピュータのパーティーがあったが，部屋に TITAN を持ち込んで自由に触らせていた。もっとも，パーティーは大盛況で筆者は TITAN に触ることはできなかったが，ポスターやトレーナーを配るなど精力的に宣伝していた。

ステラコンピュータは，アーデントの TITAN と同じねらいの対話型グラフィック・スーパー・コンピュータ GS1000 を出展し，やはり科学シミュレーションを動画にして実機上で見せていた。GS1000 の性能は，発表されているところでは，整数演算で 20〜25 MIPS，倍精度浮動小数演算で 40 MFLOPS，ポリゴン表示は Z バッファでグロー・シェーデングの三角形を秒当たり 15 万個描画できる。性能をみても，TITAN と同等の性能であるが非常に特殊な構成をとっており，SIGGRAPH の論文集にも多くの論文が発表されている。中でも V-Buffer というボリューム・レンダリングに関する論文は，ステラコンピュータとアーデントコンピュータの研究者が共同で書いており，興味がもたれる。

ヒューレット・パッカード（HP）は，アニメーション・ワークステーション HP9000/835 TurboSRX を発表した。論文集によれば，コーネル大学が高速 Radiosity Image Generation を 825SRX にインプリメントしているが，それによると一つのヘミキューブを使った場面の画像生成が 2〜3 秒ということである。

○ スーパーEWSの現状

近年の EWS は演算能力が向上し，以前はスーパー・コンピュータでしかできなかった科学シミュレーションも，EWS のユーザー・フレンドリな環境のもとで可能になってきた。この能力向上に関しては RISC の果たした役割が大きく，現在の EWS の主流となっている。ただし，ユーザーのより高性能なマシンへの要求に対応するため，上位機種の分野ではアライアントのようなマルチプロセッサ構成の機種やステラのような特殊なベクトル・マシンなど，あらゆるタイプのマシンが存在する。今年の SIGGRAPH にはカラー・コンピュータ（Culler）の姿はなかったが，個人的には負荷の重い CG アニメーションにはカラーのようなロングワード CPU が最も適していると思う。出展はなかったが，新しい会社マルチフロー（MULTIFLOW）の 256 ビット・マシンに期待したい。また，これらの EWS ではコンパイラの出来が性能を左右するが，これに関しても，これまで大型のマシンでしかみられなかった自動ベクタライズ・コンパイラが C 言語にも適用されたり，大型機並みの最適化が行われるようになって著しい進歩がみられる。

さらに，最新の EWS には高性能なグラフィック・エンジンが付属していて，シミュレーション結果を簡単にグラフィック・アニメーションにしてリアルに表示できるようになった。

今年の論文集を見ても，グラフィック・エンジンに関する論文が多数あった。これらの論文の多くは，グラフィック・エンジンへのバスのスループットを上げることと，グラフィック・エンジンに高度な機能をもたせてなるべく少ないデータでより多くのポリゴンを表示することに主眼をおいている。現在のグラフィック・エンジンでは，グロー・シェーデングの三角形を Z バッファで表示するものが多いが，すでに複数個の光源でのフォン・シェーディングに対応できるハードウエアの論文もみられ，今後はよりリアルな表示のためのテクスチャ・マッピングや環境マッピング，影の表現への対応も行われることになろう。

こうした高性能グラフィックスと CPU が密に結合された EWS は，これまでの大型コンピュータではその汎用性のため考えにくい存在であったが，今後はこの分野での応用がますます広がっていくであろう。

特集 1

SIGGRAPH '88 ファジー・レポート
——CG制作会社のためのレンダリング・マシン

SIGGRAPH '88 をデザイン制作者サイドから，アメリカのプロダクションおよび出展されたレンダリング・システムの数字では表せない性能を中心にレポートする。

本目　淳一*

ケネディ空港に到着，初めてのニューヨーク入りである。翌日，マンハッタンにあるR／グリーンバーグ・プロダクションに立ち寄る。このプロダクションは70名くらいの中規模ながら，アカデミー賞をはじめとする数多くの賞を受賞している。制作はフィルムが中心で，ビデオは少ないということである。設備を見せてもらう。モーション・コントロール・カメラや，自由曲線のようなコントロールが可能なように円形斜盤がついたアニメ・スタンドが用意されている。他にもテレシネ装置など古い機材も大切に使っているのが印象に残った。次にCG関係のシステムを見学する。真っ先に入った部屋には，カラー・グラフィックス社のデジタル・ペイント・アニメーション・システムDP4：2：2という最新のシステムが置いてあった。また，Sun-4をはじめとして，とにかく新しいマシンを導入している。次に入った部屋にはAT&TのPixel Machinesシリーズの最上位機種があった。石炭ストーブのように真っ黒なコンピュータである。このマシンはアメリカで最も早く設置されたものだという。さすが優れたプロダクションには良いシステムがいち早く入るものだと感心してしまった。良いシステムを使いこなせるだけの人材がいるということもあるのだろう。このマシンはSIGGRAPHの展示会にも出展されていたが，こちらの方が新しいバージョンだという話だ。ここでは，フィルムによる制作システムとビデオCGなどのシステムとのバランスが良いことに気づいた。映像制作にはこのバランス感覚が絶対に必要である。

3日目はジョージア州アトランタに到着した。SIGGRAPH会場の正面入口から入ると左手にサン・マイクロシステムズが，右手にアライアント・コンピュータ・システムズがメインフレームに入ってくる。会場を軽く一回りしてみて気づいたのが，今年は全体的にハードウエアの性能が確実に向上しているということである。良い意味での性能競争になってきているようであり，また，これからの性能アップがどこまで続いていくかが非常に楽しみである。つまり，CGは大規模なコンピュータではなく，スーパー・ワークステーション上でほとんどのことができるという見通しがついたことを，まず最初に感じた。

一方，ソフトウエアでは今後，ピクサーとウェーブフロント・テクノロジーズの両社による勢力争いになるのではないかと思われるが，今回は先行するピクサーをウェーブフロントが追い上げるという非常に面白い展開になっていた。レンダリング用マシンは，ほとんどがウェーブフロントとのインタフェースを交渉中もしくは契約済みであるということであった。エイリアス・リサーチやキュビコンプなども出品していたが，ハードウエアの高速化による恩恵を最も受けているのはウェーブフロントであろう。とにかく，ソフトウエア会社としては非常に大きなブースを持ち，透明感のあるメタリックなデモンストレーション映像は多くのギャラリーを集めていた。ヒューレット・パッカードなどではウェーブフロントのコーナーを作って説明員を置いていた。

では，そのウェーブフロントとのインタフェースが可能もし

*ほんめ　じゅんいち　(株)エーシージー　〒106 東京都港区六本木6-4-8

くは可能性があるマシンについて述べてみる。サン・マイクロシステムズはSun-4/150TAACをデモンストレーションしていた。Sun-2，Sun-3，Sun-4と，Sunワークステーションはここ数年，EWSの代表的なシステムとして着実に成長してきたが，他のマシンと比べて特に話題性はなかった。日本でもすでに導入済みのSun-3，Sun-4への追加，またはリプレースといった需要で相当数設置されると思われる。また，ローコストな24ビット・カラー・ワークステーションとしてSun-4/110TCが発表・展示されていた。製品以外でも，ブースが会場の入口近くであることや布製バッグの配布などによってかなり目立っていた。シリコングラフィックス社はIRIS 4D GTとIRIS 4D GTXを展示していた。大きなブースでは，教室形式でユーザーが実際にマシンを操作できるようになっていた。このIRIS 4Dはウェーブフロントのソフトウエアとの相性が良いらしく，レンダリングのスピードも非常に速かった。IRIS 4D GTXは並列処理により高速化を実現しており，今後が非常に楽しみなマシンだと思う。

メガテックはサン・マイクロシステムズと協力関係にあり，Sigma20というシステムが新製品として展示されていた。このマシンはSun-4と同程度もしくはそれ以上の実力をもっているようだ。シンボリックス・グラフィックス・ディビジョンは，今回のSIGGRAPHの中で唯一HDTV（ハイビジョン）のデモンストレーションを行っていた。もっと多くのメーカーがHDTV対応の機種を出品していると予想していたが，さすがにアメリカのメーカーは現実的で，市場性がないものにはあまり手を出していない。同行したソニーの西，若山両氏はもっと対応製品が出品されていると思っていたようであった。また，デジタル4：2：2へのインタフェースに対応した機種がないのも意外のようであった。なぜなら，われわれがCGアニメーションを制作する場合は，必ずVTRに収録するからである。そのVTRがデジタル化してきているので，今後，CGシステムとデジタルVTRがワンセットになるときがくるはずである。そのためにも4：2：2への対応は必要である。

モンスター・マシンといわれているステラコンピュータのGS1000は，今回出展されたレンダリング用コンピュータの中でもトップクラスのスピードをもっていることは間違いない。そして，ウェーブフロントのソフトウエアへ対応できるということであった。ヒューレット・パッカードは，CADの実績をベースにCGに力を入れてきていることが今回最も目についた。ハードウエアは新製品群が出展され，ソフトウエアでもウェーブフロントの分室を設置し，数名の係員が対応するなど注力していた。ウェーブフロントのソフトウエアは現在，日本ではIRISとの組合せが一般的だが，横河・ヒューレット・パッカードがCAD用にワークステーションを多く販売していることもあり，サポートなどの関係からHPバージョンが多く売れるだろうと思われる。HP9000のワークステーションは300シリーズと800シリーズに分かれている。そのうち300シリーズの最上位が360TurboSRXで，自社のリアルタイム・アニメーションをデモンストレーションしていた。ウェーブフロントのソフトウエアは，日本では住商電子システムがIRIS版，HP版ともに販売している。

AT＆TはPixel Machinesを10台くらい展示していた。これは究極の32ビット並列マシンではないかと思われる。係の話では，CPUが82個並列に接続されるので非常に速いということであった。ニューヨークのR／グリーンバーグ・プロダクションで見たシステムはAT ＆ Tで展示されていたものの一段上のもので，ここだけに試験的に入れられた64ビットのパラレルマシンということであった。このマシンがUNIXの本家から出されたということは非常に重要なことであり，ソフトウエアが完備されたらすごいと思う。また，このシステムあたりから，レイ・トレーシングのリアルタイム・アニメーションが試みられてくると思われ，非常に将来性の高いマシンである。もう少し詳しい情報を知りたいものである。日本での販売代理店は住商電子システムである。

アライアント・コンピュータ・システムズは，同社のミニ・スーパーコンピュータFXシリーズにグラフィック機能を付けたVisualization Seriesを発表した。アライアントでは日本にも大学，NTTなどをはじめとして多数に納入しているということである。このくらいになるとわれわれに身近なソフトウエアがあるのか少々心配であるが，とにかくすごいの一言である。

年初から話題になっていたアーデント・コンピュータのTITANは，日本のクボタコンピュータが製造・販売を行っているグラフィック・ワークステーションである。同行した太陽企画の阿部氏が「帰ったころには会社にTITANの1号機が設置されているはずだ」と簡単に言う。この阿部氏，筆者よりもファジーだけれども映像制作についてのマネジメントは抜群で，きちんと計算している。みんなが欲しがるTITANを早速購入し，画像制作をスピードアップさせることを考えているのである。TITANの計算能力は64MIPS，64MFLOPS（最大構成）である。良いソフトウエアを開発し，また，良いソフトウエアとドッキングしたらと考えると楽しみの多いマシンである。

こうしてみていくと，今回のSIGGRAPHは完全にスピード競争に入ってきたという感がある。表現を変えれば，SIGGRAPHというサーキットで，プロトタイプのエンジンを並べて，そのスピード（デザイン）をいろいろなボディー（ソフトウエア）に載せて競う。差し当たっては，パラレルマシンがターボ付きのF1ということになるかもしれない。SIGGRAPHは，スピードマニアが集まって次々と新しいエンジンをテストする。そして，その中でどのエンジンが残るかはまだ誰もわかっていない。現に，フィルム＆ビデオ・ショーでは新しい表現技術は現れなかった。しかし，企画，演出，作画に新しいものを使ったもの，ストーリーがウイットに富んだものは多くの共感を得ていた。また，ハードウエアとソフトウエアが一体となったシステムであるボッシュ，クオンテル，オーロラ，アートスターなどの2D/3Dペイントシステムは，NAB(国際放送機器展）のサーキットに集まってストックカーレースをやっているとでもいえようか。SIGGRAPHは非常にエキサイティングな面白い祭典であった。皆さんはいかがでしたか。

SIGGRAPH'88とCGの最新動向

特集1

米国コンピュータ・グラフィックス事情

アメリカCG界全体を巻き込んだ変動も一通り収まり，かえってCGは広く根付いたようだ。最近のアメリカにおけるCG制作状況をレポートする。

草原　真知子*

CGプロダクションの浮き沈みは激しい。改めてそう思わされたのは，約1年半前，オムニバス社(カナダおよびアメリカ)が倒産したときだろう。ディジタル・プロダクションズの買収に引き続きロバート・エイブル・アンド・アソシエイツも吸収合併して世界最大のCGプロダクションになってから，わずか半年後のことだ。

○ プロダクションの世代交代と映像制作の新しい方向性

ディジタル・プロダクションズはスーパー・コンピュータCRAYと優秀な人材を抱えて質の高い映像を作っていたし，映像の魔術師といわれたボブ・エイブルのプロダクションは，コンピュータ・グラフィックス(CG)だけでなく伝統的な映像制作のさまざまな技法を巧みにミックスして，ファンタスティックな世界を次々に作り出した。しかし，ディジタル・プロダクションズはCRAYのコストのため，また，エイブルはスピルバーグのテレビ番組「アメージング・ストーリーズ」のオープニング・タイトルの凝り過ぎで，積年の赤字がどうしようもないところまできていた。オムニバス社は映像産業育成に熱心なカナダを背景に，自社の株式上場による利益を当て込んで西海岸最高のCGプロダクション2つを次々に買い取ったのだが，上場は不調に終わり，買い取った両社の赤字を埋めきれずに倒産した。

この一連の事件は，いわば第一世代のCGプロダクションが破産に追い込まれる典型的な理由を示している。恐ろしく高価だったハードウエア，ソフトウエアの自社開発にかかるコスト，どんなに凝っても終わりのない映像。コマーシャル制作にCGを使うのは，他の方法では不可能な斬新な映像ができるからで，スポンサーや広告代理店は当然その可能性を追求する。ところが制作する側のアーチストや技術者もチャレンジ精神とアーチスティック・マインドが旺盛なので，つい予算をオーバーしても納得のいくまでやる。ハードウエアやソフトウエアが進歩しても，ゴールはその分だけまた遠くなる。エイブルの右腕だったランディ・ロバーツは，そんな状況に嫌気がさしてCG業界を去っている。

チャールズ・スーリらが設立して以来，オハイオ州立大学と手を携えて長い実績を保持してきたCCP(Cranston Csuri Production)も解散し，大手の有名プロダクションで今も健在なのはパシフィック・データ・イメージズ(PDI)だけである。一時は大量の失業者が出たアメリカのCGプロダクションも，最近になって再編成がほぼ完了し，今年のSIGGRAPHではこの数年の激変がもたらしたプラス面が語られるまでになった。

その一つは，日本のJCGLの閉鎖も含め，失敗に終わった事例が今後のCG制作の方向を示唆したことだろう。比較的低価格でコンパクトなシステムと人員構成，一通りの制作にならすぐに使える出来合いのソフトウエア，入力の能率向上やデータの使い回し，Proceduralな手法の実用化などの制作手順の合理化，ビデオ技術の併用。少ない資本でのCG制作を容易にするこうした最近の動向は第一世代による蓄積の成果でもあり，実際，使いやすいグラフィックス・ソフトとして急速に普及したウェーブフロントやエイリアスは，エイブルのプロダクションで開発された技術がベースになっている。

もう一つの大きなプラス面は，各プロダクションにいた人々が否応なしにミックスされた結果，全体的な技術の向上が実現したことである。各プロダクションで独自に開発した技術が合流し，比較検討されることで，より幅の広い映像制作が可能になると同時に，これまでまちまちだった技術体系がある程度標準化されてきた。プロダクションによってアルゴリズムの呼び名さえ違うことは日本でもいわれてきたが，レンダリング技術標準化の提案としておおいに注目を集めているピクサーのRenderMan Interfaceの登場は，このようなアメリカの国内事情からも時機を得たものであろう。

CG技術者が大量に放り出されたことは，CGがこれまでの業界の外に広がる下地を作った。ここ数年，CGの潜在的な応用分野が急速に拡大していたところに，プロダクションでの職探しを断念したCG技術者たちが入っていくことになったからである。特に，もともと人数が多く，CRAYを駆使したシミュレーション技術の開発では最先端を行っていたディジタル・プロダクションズは，目下注目を集めているサイエンティフィック・ビジュアリゼーション(科学の可視化)に多くの人材を提供する結果となった。手頃で高性能なCGシステムの登場，CGとビデオ技術との連関が良くなったこともあって，ポスト・プロダクションやビデオ制作会社へのCG導入も急速に進み，CGを扱う映像・デザイン制作会社が各地の小都市に誕生した。

○ 映像制作をリードする大学・研究所とアメリカ各地のプロダクション

現在，アメリカのCG制作の状況を見渡すと，ハリウッドを中

*くさはら　まちこ　　CGコンサルタント　〒153　東京都目黒区上目黒2-42-10

心とする西海岸，シカゴ，ニューヨークの3箇所に大手のCG制作会社やポスト・プロダクションが集まっている。大学・研究所関係では，カリフォルニア工科大学(Caltech)，オハイオ州立大学(OSU，最近施設を新しくした)，MITメディアラボ，ニューヨーク工科大学(NYIT)の生産性が相変わらず高く，研究の面でも先端を行く。力学や物性に基づいたモデリング，階層化されたデータと力学的な逆算に基づく自然な動きなど，現在のシミュレーション／アニメーション技術の主流はこれらの大学での研究によるところが大きい。コーネル大学は作品はあまり出ないが，ここで地道に開発されてきたラジオシティ法は，最近の計算パワーの飛躍的な増大で実用の域に入り，光源モデルのスタンダードになりつつある。ノースカロライナ大学は並列処理で知られる。インタラクティブ技術の研究を続けてきたイリノイ州立大学はNCSAと協力して，スーパー・コンピュータを科学とアートの両方に使って活気づいている。NCSAのレンダリング技術者は，ディジタル・プロダクションズ出身者が中心である。他の大学の大部分はまだCG研究の層が薄いが，中心的な研究者によって独自の研究がなされている場合も多く，SIGGRAPHに作品を出してくる大学は確実に増えているようだ。

今年のSIGGRAPHでは，「ジム・ブリンを日本に渡すな」という過激な保護主義的(?)バッジがわれわれを驚かせた。これは，リアルな映像を捨ててCGによる数学教育に着手したブリンが各方面から補助金を得られなかったことに怒ったCG仲間が，日本をダシにSIGGRAPH開催中に繰り広げたデモンストレーションらしい。日本でブリンを呼んでシミュレーション映像を制作してもらおうという動きがあったのは事実だが，これはやはり「日本を見習え」とでもしてほしかった。JPL(ジェット推進研究所)では現在，昨年"LA the Movie"を作ったチームによる画像処理の研究が進められている。研究所の状況は研究者個人の存在に依存する面が大きく，注目された研究所でも中心人物がいなくなると火が消えたようになるようだ。

アーチストやプロダクションは，やはり映画の本場である西海岸に多い。PDIは映像の質でもプロダクションの規模でも全米一の実力を保持している。創立以来，CGの流れをリードするピクサーはシステムの開発が本業だが，デモ用として自主制作する作品は，今年も熱狂的に迎えられた。この両社が共催するパーティーは，昨年，SIGGRAPHのパーティー部門（非公式だが審査員がいる）で1位に輝き，ビーチボールが飛び交うディスコ・パーティーは今年も最高の人気を集めた。

一方，ディジタル・プロダクションズの買収後，同社の共同設立者だったジョン・ウィットニー・Jr.とゲイリー・ディモス(この2人はこれまでにいくつものプロダクションを作っている)はオムニバス社に加わらずにウィットニー/ディモスというプロダクションを作り，「ピアノ弾きトニー」を作ったフィリップ・ベルジュロンもこれに参加した。人工知能で知られていたシンボリックス社がCGへの取組みを証明するために制作した「スタンレーとステラ」は昨年のSIGGRAPHで大成功を収めたが，ウィットニー/ディモスはこの制作に参加し，資本面でもシンボリックスの傘下に入った。しかし，シンボリックスは間もなく資本を引き揚げ，ウィットニーとディモスもとうとう袂を分かって，ウィットニーはOptimistics(この社名は光，最適化，楽観主義の掛け言葉らしい)を，ディモスはDemoGraFX(これは自分の名とグラフィックス，市場分析の流行用語など，洒落がいろいろ入っている)を設立した。大手の人材流入先の一つであるアップルは，Mac IIをアニメーションやピクサーの端末に使って注目を集めたが，他にもユニークな研究を行っている。

エイブルのOBを中心としてスタートしたリズム&ヒューズは，デモリールが今年のフィルム・ビデオ・ショーに入った。CCPとJCGLが技術を出し合い，エイブルが残した機材を買い取って発足したメトロライトも実績を上げつつある。現在ではどちらも，あらゆる過去のプロダクションのるつぼと見なされているようだ。一時，減量化のためにピクサーやPDIも人員を減らし，人材のミックスが一層進んだ。このようなプロダクションの他，個人レベルでCGコンサルタントを兼業しながらユニークな制作活動をするアーチストが増えたのも連続破産の遺産だろう。「トロン」制作のチームの一員だったビル・クロイヤーはCGからセルを起こして(セルは韓国のプロダクションで速く安く作った)コンピュータ社会を風刺した傑作アニメーションを作り，ディジタル・イフェクツとディジタル・プロダクションズで階層化構造によるキャラクタ・アニメーションを追求してきたジェフ・クライザーは若きレーガン風の筋骨隆々アンドロイドの大統領選立候補を描いて爆笑を誘った。MIT出身のカール・シムズによる谷川や滝のシミュレーションは今年のフィルム・アンド・ビデオ・ショーの最後を飾ったが，彼はウィットニーの新会社に参加している。

シカゴはポスト・プロダクションが中心で，ポスト・イフェクツやエディテルが活発にCGを使っている。ニューヨークのポスト・パーフェクトやブロードウェイ・ビデオ，サンフランシスコのワン・パス・ビデオもCGの水準は高い。

東海岸では，R.グリーンバーグやファンタスティック・アニメーション・マシン，ローズブッシュ・ビジョンズが地道な活動で生き延びてきた。ハリウッドと違ってニューヨークでは印刷物関係の静止画制作が多く，派手さはないが安定している。これらのプロダクションはもともと3Dアニメーションに優れた人材を抱え，新たな人材の流入で技術はさらに進んだが，あまりアニメーション作品を見る機会はない。

現在，アメリカのCGプロダクションが抱える大きな問題は，CF受注の極端な少なさである。従来型のCG映像が飽きられ始めたところにプロダクションが相次いで倒産し，広告代理店の信用を失ったことも響いているが，CATVやビデオの普及でCF業界全体が不振にあえいでいるのが最大の原因のようだ。

とは言え，ハード面でもソフト面でも，CGの制作環境は急速に良くなり，解像度の高い凝った映像がより少ない計算時間で作れるようになってきているし，シミュレーション関連の仕事は大幅に増えそうだ。アメリカCG業界の最大の話題の一つにグラフィックス機能の評価基準があるが，MIPSやFLOPSに代わる実践的な評価方法として注目を集めている新しい単位はTEAPOTS/sec。こんなパロディーやジョークが増えたのも，CGの今後の展望に明るい雰囲気が漂っているせいだろう。

SIGGRAPHはCAD/CAM, コンピュータ・グラフィックスの関連機器／ソフトウエアのベンダーにとって，その製品をアピールするための格好の場である。今回の展示会ではグラフィック・ワークステーションの強力なグラフィック機能を使ったCAD, レンダリング・システムが多く見られた。一方で，プラットフォームとしてのコンピュータ・メーカーの立場からはポピュラーなソフトウエアが稼働することによるセールス・プロモーションが盛んであった。またトランスピュータなどのボードを使ってコンピュータ自体を高速化，高機能化させる製品も多く発表されていた。ここでは発表された新製品の中からユニークな機能，高いパフォーマンスをもつものを選び，解説を加えた。

CAD/CAM CGの新製品ハイライト

ALIAS/2を機能強化

Alias Research

エイリアス・リサーチ社(カナダ，トロント)は，リアルタイム・グラフィック・ソフトウエアであるALIAS/2の機能を強化したVer. 2.4を発表した。新たに加えられた機能により，複雑なオブジェクトのデザインおよびレンダリング時間を大幅に加速することが可能となった。従来から使いやすいメニュー・ドリブン方式による強力なモデリング・ツールとして定評があったが，Ver. 2.4のリリースによって次のことが可能になった。

- 曲面のトリミングを曲線または曲面と曲面の交差に合わせて行えるようになった。
- カメラ・アニメーション機能が強化された。
- データ変換がサポートされるCADのシステム数が増えた。
- レンダリングが高速化された。
- 影の表示がサポートされた。
- PostScriptレーザービーム・プリンタおよびHP製プロッタへの出力，ステレオ・リソグラフィ，立体視がサポートされた。

最大の特徴ともいえる曲面のトリミングは，すでにある曲面をユーザーが定義した曲線に合わせてトリムできるという機能で，例えば自動車のフェンダーやホイール・ディスクなどの複雑な形状を作る速度が大幅に短縮される。このトリミング・カーブは曲線を曲面に写影したり，任意の数の曲面を交差させることによりインタラクティブに生成させることも可能である。トリムされた曲面のレンダリングはもちろんのこと，そのデータをIGES, VDA, DXFなどのファイル形式に変換することもできる。

ALIAS/2のプラットフォームであるシリコングラフィックスのIRIS 4Dシリーズのレンダリング機能を活用しているために高速なレンダリングが可能となり，3種類のクイック・レンダリング機能の最上級を用いた場合，それぞれの面へのテクスチャ・マッピングが高速かつ正確に行われる。

光源としてはスポットライトが新たに加わった。これは影の生成ができるというユニークな機能をもっており，光の拡散や輝きの方向はユーザー定義が可能である。ここには非常に効率の高いデプス・マッピング・アルゴリズムが用いられており，レイ・トレーシング・アルゴリズムを用いずに影を生成できる。この影はエッジをソフトにしたり，アンチ・エイリアシングをかけたりしてリアルに表現することができる。

ミニ・スーパーコンピュータ用マルチユーザー・ビジュアライゼーション・システム

Alliant Computer Systems

アライアント・コンピュータ・システムズ社(マサチューセッツ州リトルトン)は，グラフィック・プロセッサのベンダーであるラスター・テクノロジーズ社と今年6月に合併後初めての製品である Visualization Series を発表した。これは同社のミニ・スーパーコンピュータである FX/シリーズとラスター・テクノロジーズ社の3次元グラフィック・プロセッサである GX4000 の機能を統合化したものである。このシリーズは最小構成で10万ドルから，ハイエンド機種は100万ドルを超える。計算能力は最高で188.8MFLOPS，グラフィック能力はピークで100万3次元ベクトル／秒となっている。

アプリケーション計算用とグラフィック計算用に，独立したプロセッサによって平行して処理を行うことができる。1システムごとに64ビットのパラレル・ベクトル・プロセッサを最大8個まで，パラレル・グラフィック・アリスマティック・プロセッサ(GAP)を8個まで設置できるマルチユーザー・システムとなっている。GAP は PHIGS および PHIGS＋をネイティブなインストラクション・セットとしているため，シリーズの他機種，他のベンダーのシステムへの移植をグラフィック能力を犠牲にすることなく行える。それぞれの GAP は22万3次元ベクトル／秒，1万8,000グロー・シェーディッド・ポリゴン／秒というグラフィック能力を PHIGS 実行時に実現している。

なお，アライアントとラスター・テクノロジーズの両社は営業・販売に関してこれまで通り独自に進めるが，その一方で積極的にジョイント・マーケティングも図っていくとしている。

Visualization Series

CAD/CAM，CG 用プラットフォームとして力をみせた MAC II

Apple Computer, Inc.

アップル・コンピュータ社の32ビット・パーソナルコンピュータ Macintosh II用のエンジニアリング／テクニカル・アプリケーションが数多く発表された。アップルのブースでは多くのアプリケーションが紹介されていた他，1月に発表されたディジタル・イクイップメント(DEC)社との提携による VAX との接続，アップル版 UNIX である A/UX を使用した Pixar II との接続など，エンジニアリング分野におけるプラットフォームとしての側面が強調されていた。フィルム・アンド・ビデオ・ショーでは MAC II だけで作った CG アニメーション“Pencil Test”が披露された。

ビジュアル・インフォメーション社(カリフォルニア州ラプエンテ)は，Macintosh 用のデザイン／レンダリング／レイ・トレーシング・ソフトウエアを発表した。Design Dimensions Ver. 2.00 は3次元のコンセプチュアル・デザイン，分析，変更，視覚化のためのツールで，Render Dimensions, RayTrace Dimensions と接続することで高度なレンダリングを行うことができる。Render Dimensions はフォン・シェーディングやグロー・シェーディングが使用でき，複数光源の使用が可能である。また，アニメーション・ルーチンを内蔵しているため，イン・ビトウィーニングを行ったアニメーション表示ができる。RayTrace Dimensions はその名の通りレイ・トレーシング・ソフトウエアで，フォン・シェーディング，グロー・シェーディング，オブジェクト・グループごとの光源特性，テクスチャ・マッピング(大理石，木，石，金メッキをした金属，ステンドグラス)，地球，雲，月などの表示，といった機能をもつ。

価格は Design Dimensions が1,595万ドル，Render Dimensions が895ドル，RayTrace Dimensions が1,500ドルとなっている。

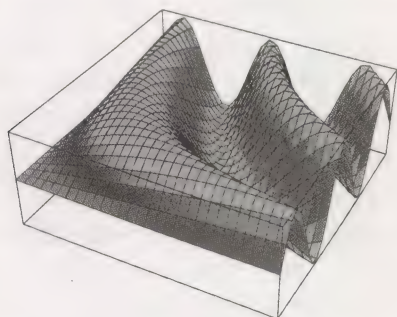
ウルフラム・リサーチ社(イリノイ州シャンペイン)は数学の数式を解き，その結果を視覚化することができるソフトウエア Mathematica の Macintosh, Macintosh IIバージョンを発表した。Mathematica は，電卓が単純な算数の計算を行ったのと同じように，台数，微積分，幾何といった数学の計算を簡単に行うよう設計されたパッケージであるが，グラフィックも取り扱うことができる。複雑な数学の関数を視覚化するために2次

元または3次元のカラー画像を簡単に作り出すことができるのである。このパッケージはさまざまな関数を網羅しているだけではなく，この上でアプリケーションを組むためのプログラミング言語の機能ももっている。

アバロン・デベロップメント・グループ(マサチューセッツ州ケンブリッジ)は，Macintosh IIをホスト・コンピュータに使用したカラー・フォトデザイン・アプリケーション PhotoMac を発表した。対象はグラフィック・デザイナーで，フルカラー(1ピクセル当たり24ビット)のイメージを処理し，4色分解までを行うことができる。写真品質の画像と，他のページ・レイアウト・ソフトによるテキストとを統合し，カラー印刷物を製作することを可能にするものである。同社では，これによってカラー写真を外部のサービスに出さずにイメージ・コンセプトからデザイン，レタッチ，レイアウトまでをデザイナーがコントロールできるようになるとしている。

画像の取込みにはビデオ信号，35mm スライド・スキャナ，フラットベッド・スキャナなどがオプションで使用でき，カラー熱転写プリンタによるカラー・プルーフ出力，電子タイプセッターによる4色分解などが可能である。価格は695ドルとなっている。

ブースに出展されていたサードパーティーによるその他の主要製品は次の通りである。

- Adobe Illustrator 88(PostScript によるアーチスト向けドローイング・ソフトウエア：アドビ・システムズ)
- Aegis Showcase F/X(デスクトップ・プレゼンテーション／アニメーション・システム：エイジス・デベロップメント)
- MacDraw II(ドローイング・ツール：クラリス)
- Cricket Presents(デスクトップ・プレゼンテーション・ツール：クリケット・ソフトウエア)
- Concept Modeller(AI-CAD：ウィズダム・システムズ)

Mathematica によるグラフィック出力

EASYL

IBM PC, Amiga 用の感圧ドローイング・パッド

Anakin Research Inc.

アナキン・リサーチ社(カナダ，オンタリオ)は，感圧デジタイジング・タブレット EASYL を展示していた。これは IBM PC，Amiga 用で，1,024×1,024の解像度をもつ。グラフィック・データを簡単に入力できることを目的としており，感圧なので自然なタッチで入力できる。タブレットの表面は感圧になっており，普通紙の上に通常のペンまたは鉛筆で描いたりトレースすることができる。デスクトップ・パブリッシング，プレゼンテーション・システム，デザイン，アート，アニメーション，CAD，タッチ・コントロール・アプリケーションなどの利用が可能である。PageMaker，Ventura Publisher などのページ・レイアウト・プログラムや，GEM，WINDOWS 環境のアプリケーションなどで稼働する。

TARGA/Vista 用のグラフィック・ソフト

AT&T Graphics Software Lab.

AT&T グラフィックス・ソフトウエア・ラブ(GSL，インディアナ州インディアナポリス)は，PC/AT 用の最もポピュラーなグラフィック・ボードである Truevision TARGA および ATVista 用のグラフィック・ソフトウエアを発表した。

TOPAS 3.0は3次元ソリッド・モデリング／アニメーション・アプリケーションで，新バージョンではフォン・シェーディング，リフレクション・マッピング，クロス・セクショナル・モデリングなどの機能が追加された。TOPASはModeler，Pro-Modeler，Animator，SuperShadeという5つのモジュールに分かれている。さらに，TOPAS用にURW社のベクトル・フォント12種がリリースされた。同社のベクトル・フォントは，GSLのプレゼンテーション用デザイン／レイアウト・パッケージであるRIO用にも56フォントが追加される。

200MFLOPSのフローティング・ポイント・アクセラレータを1MFLOPS当たり400ドル以下で

BenchMark Technologies Ltd.

ベンチマーク・テクノロジーズ社(英国キングストンアポンテムズ)は，200MFLOPSの浮動小数点計算能力を1MFLOPS当たり400ドル以下で達成できるフローティング・ポイント・アクセラレータbLitzを発表した。この製品は，高速なデータ変換速度と高いスループットを必要とするアプリケーションにおける使用を対象とするユーザーによるプログラミングが可能なフローティング・ポイント・アクセラレータである。業界の平均値といわれている1MFLOPS当たり2,000ドルと比べ，非常に高いコスト・パフォーマンスであるとしている。bLitzは50MFLOPSの32/64ビット・フローティング・ポイント・プロセッサ(FP)を最大4個まで搭載することができる。この他にデータ転送プロセッサ(DTP)とコントロール・プロセッサ(CP)が組み合わされ，FPとデータ・キャッシュメモリとの間は256ビット幅のデータパスによって320Mバイト／秒の高速転送を実現している。

bLitzはスタンドアローンのアレイ・プロセッサとして使用することができ，IBM PC/AT，Sun，MAC II，VAXといったマシンに対するインタフェースおよびVMEbusがサポートされている。また，ネットワーク上でスーパー・コンピューテーション・サーバーとして使うことができ，EthernetでNFS，TCP/IPが動くSunなどのワークステーションと組み合わせることによって，ネットワーク・サーバーとして機能する。

また，同社のグラフィック／イメージ・プロセッサbench-Mark GIPと組み合わせることによって，画像処理からコンピュータ・グラフィックスまでをカバーする高性能グラフィック・コンピュータとなる。bLitzは座標変換，クリッピング，レイ・トレーシング，光源計算などの計算に用いることができる。3次元のアプリケーションでFP 1個の構成の場合，座標変換を1秒間150万回実行できる。レイ・トレーシングや1GFLOPSを超えるような計算能力が必要な場合は，複数個のbLitzをパイプラインもしくはカスケード接続することができる。

benchMark GIPは汎用「ピクチャー・コンピュータ」で，20MIPSのビットスライス・プロセッサが用いられている。フレームメモリは1個のGIPで1,280×1,024×8ビット×2のカードを2枚まで持つことができ，これを8ビット×4または16ビット×2の構成で使うこともできる。GIPは最大構成で8個までカスケード接続することができ，その場合，256ディスプレイ・プレーン，160MIPSの計算能力をもつ。

Amiga用レイ・トレーシング・ソフト

BYTE by BYTE Corp.

バイト・バイ・バイト社(テキサス州オースチン)は，シリコングラフィックス社のIRIS，ボッシュ社のFGS4000といったグラフィック・ワークステーションで稼働実績のある3次元モデリング／アニメーション・パッケージSCULPT-ANIMATE 3-Dをコモドール社のパーソナルコンピュータAmigaに移植した。Amiga本体の4,096色同時表示を用いたものであるが，フレーム・バッファもサポートしており，ビット・プレーンおよび解像度を選択できるようになっている。

このソフトウエアは，スタンドアローンでも使用できるオブジェクト・エディタであるSCULPT 3-Dとアニメーション・パッケージであるANIMATE 3-Dの2つのモジュールに分かれている。SCULPT 3-Dは自由なソリッド形状をインタラクティブに作ることができる。通常のモデリングを行うことができ，オブジェクトの色，テクスチャ，鏡面表示，半透明表示が可能となっている。フォン・シェーディング，アンチ・エイリアシングが組み込まれており，光源に対しては色・数・位置の指定を任意に行うことができる。レンダリングのモードとしては，フラット・シェーディングから影とハイライトがついたレイ・トレーシングまでがあり，その中から選択できる。

ANIMATE 3-DはSCULPT 3-Dで記述したオブジェクトをアニメートさせるためのものである。オブジェクトの操作・制御は階層的に行うことができ，キーフレームによってオブジェクトの移動，回転，形状および大きさの変化を行うことができる。オブジェクト，視点，光源の動きをスプライン曲線で記述できる。インタラクティブなキャラクタ・アニメーションを行うためにリアルタイム・ワイヤーフレーム・プレビューの機能がある。VTRやフィルムレコーダでのコマ撮りのためのインタフェースも可能である。さらに画像データの圧縮を行い，

リアルタイムで展開できるため，メモリ上の画像をアニメーション表示することができる。また，リアルなアニメーション効果をだすために，オプションとしてモーション・ブラーも用意されている。

使いやすさを指向したパーソナルCAD

Computer Resource Technology Corp.

コンピュータ・リソース・テクノロジー社（アリゾナ州テンピ）は，アイコンによるポップアップ・メニューを用いるなど使いやすさを指向したパーソナルCADパッケージMAXXICADを発表した。このパッケージはIBM PC用だが，Macintosh II，OS/2マシン版も今年中にサポートする予定である。

MAXXICADは3次元データベースを備えており，3Dモードと2Dモードとを瞬時に切り換えることができる。平面，線織曲面（円筒・円錐など），回転曲面がサポートされており，隠線消去，フラット・シェーディングが可能である。光源は最大5つまでとなっている。ユーザー・インタフェースとしては，通常のテキスト・コマンドに加え，アイコンを使ったポップアップ・メニューによる入力が行えるために初心者でも短期間に習熟することができる。オンライン・ヘルプも充実しており，設計作業を中断することなくヘルプ機能を利用することができるようになっている。

織物の「ひだ」をシミュレートできるCADシステム

Computer Design, Inc.

コンピュータ・デザイン社（ミシガン州グランドラピッズ）は，服の生地の特性によって服の「ひだ」のシミュレーションまで行うことができる3次元CADシステムCDI CONCEPT 3D/ENGINEERINGを発表し，注目を集めた。ホスト・コンピュータとしてはシリコングラフィックス社のIRIS 3130および4D/60シリーズ，プライム・コンピュータのPXCL 5500を使用し，パーソナルコンピュータを2次元端末として入力に用いることも可能となっている。応用分野としては靴，アパレル，家具，自動車，シルクスクリーン，インテリア・デザイン，エクステリア・デザインなどがあげられている。

この製品の大きな特徴として，画面を2分割して左側に3次元イメージを，右側に2次元のパターンを表示し，一方に変更

CDI CONCEPT 3D/ENGINEERING

を加えるとそれに応じてもう一方が変化するという，3次元から2次元または2次元から3次元への完全な相関関係が成り立っている。3次元デザインから2次元のフラット・パターンに落とし，パターン・エンジニアリングまたは原価計算システムに渡すことも可能である。グラフィック機能としては3次元イメージの背景設定，テクスチャ・マッピング，光源の設定などが可能となっている。さらに，素材の特性をコンピュータでシミュレートすることができるので，完成した場合にどのような「ひだ」「しわ」ができるかということも予測できる。画面はメニュー・ドリブン方式で使いやすい設計になっている。また，2次元システムとしてのすべての機能をもっている。

2次元専用CADとしてはCDI CONCEPT 2Dが発表された。これはIRIS，PXCL 5500に加え，IBM PCとその互換機でもスタンドアローンとして使用できるシステムである。織物，糸，プリントを作り出し，3次元らしい形状を与え，大きさ，形，色（1,670万色）を変化させることができる。また，編物，織物のデザインを行ったり自動的に仕様書を作り出すパッケージも用意されている。重要な機能として，シルクスクリーン用のカラー4色分解が行えるため，プレゼンテーション資料を作成するための時間を大幅に短縮できる。パーツごとの登録が行えるので，それらを組み合わせて新しい服を作ることも可能となる。

ミニ・スーパー用レイ・トレーシング・ソフトウエア

CONVEX Computer Corp.

コンベックス・コンピュータ社（テキサス州リチャードソン）は，自社のミニ・スーパーコンピュータC Series用のグラフィック・ソフトウエア3製品を発表した。コンピュータ・アソシ

エーツ社が開発したCA-DISSPLA，テンプレート・グラフィックス・ソフトウエア社のFIGARO，そしてレイ・トレーシング・リサーチ社のConvexTracerの3つのグラフィック・パッケージである。

CA-DISSPLAは高度なグラフィックス・プログラムで，科学および工学の分野におけるデータの生成，解析，検索，プレゼンテーションを統合的に行うシステムを提供する。FIGAROはアプリケーション開発者が3次元グラフィック・ソフトウエアを設計するためのパッケージで，グラフィック標準であるPHIGSを強化した内容となっている。応用分野としては，ロボット工学，メカニカルCAD，分子モデリング，シミュレーション，階層的グラフィック・データ構造，2次元／3次元モデリング，オブジェクト定義および表示のダイナミックな変更，インタラクティブな入力などを必要とされる科学／工学のアプリケーションがあげられる。

レイ・トレーシング・リサーチ社のConvexTracerは，世界最高速をうたったグラフィック・パッケージで，C Series用に特別に開発されたものである。CGのレンダリングは強力な計算力，大量のメモリ，高速なI/Oを必要とするため，C Seriesのようなミニ・スーパーコンピュータはCG用コンピュータとしての条件を満たしていると同社ではみている。ConvexTracerは30万行からなるプログラムで，フォトリアリスティックな画像と放送用のクオリティをもったコンピュータ・シミュレーションのアニメーションを，スーパー・コンピュータのスピードで実行することを可能としている。機能としては，リフレクション，リフラクション，多重アブソープション，スペクトラル・アブソープション，多重光源などによるリアルなイメージのレンダリングが可能である。シャドー・キャスティング，質感の表現などの機能も備え，リアルなイメージを生成できる。ウェーブフロントのソフトウエアとのインタフェースを備えており，MOVIE.BYUのモデル・ファイルによる入力も行うことができる。

3次元グラフィック・コントローラ・ボール

CIS Graphik, GmbH

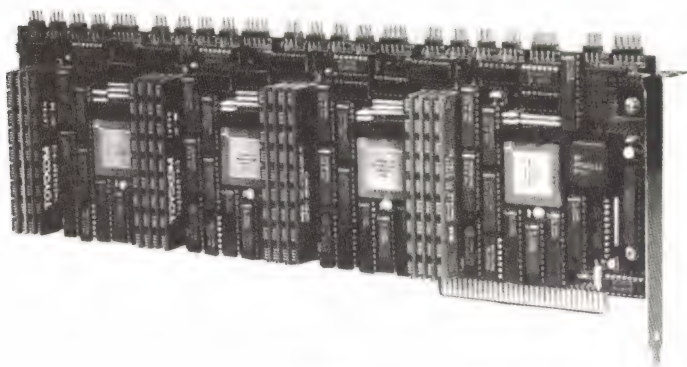
ドイツのCISグラフィック社は，3次元ポインティング・デバイスの3次元グラフィック・コントローラ・ボールDIMENSION 6を発表した。同社によれば，この製品は従来のグラフィック・タブレット，マウス，トラックボール，ノブボックス，ジョイスティックが3次元のコントロールをうまくできなかったのに対し，赤外線オプティカル・センサー技術を活用，3次元オブジェクトのリアルリイムでのシミュレーションを完全に行うことを可能にした。同社はワークステーションでの使用を前提に，OEM，VAR，エンドユーザーへの販売を開始している。DIMENSION 6はシリコングラフィックス，アポロコンピュータの両社のブースでも披露された。

DIMENSION 6

この製品はフォース／トルクを感知するオプティカル・センサーを備え，6方向に対し軸ごとに8ビットの解像度をもつ。ボタンは，ユーザー定義可能なファンクション・ボタンが8個，ローカル・オペレーティング・モード選択のためのボタンが3個，リセット・ボタンが1個の計11個である。インタフェースとしては，ボーレート可変のRS-232Cおよびプロトコルが内蔵されている。デイジー・チェーン機能ももつ。

トランスピュータを使ったXT/AT用マルチプロセッサ・ボード

Definicon Systems, Inc.

デフィニコン・システムズ社(カリフォルニア州ニューズベリーパーク)は，インモス社のトランスピュータT414／T800をベースにしたIBM PC XT/AT用のマルチプロセッサ・ボードDSI-T4を発表した。このボードにはT414またはT800が4個と，そのそれぞれに最大4MバイトのRAMが搭載されている。アプリケーションとしては，レイ・トレーシング，ロボット工学，プロセス制御，画像処理，高度なグラフィック，アニメーション，流体力学，分散データベース・システムなどが考えられる。

DSI-T4

開発環境としては，並列処理用に拡張されたK&Rのスーパーセットであるパラレル C コンパイラが開発ツールとして用意されている。これはトランスピュータのもつ特殊なハードウエア的特徴へ完全にアクセスすることができる。さらに，このコンパイラで開発されたプログラムは複数のトランスピュータを使用したネットワーク上で実行することが可能となっている。ホスト・サーバー・ソフトウエアはMS-DOS(PC-DOS)のファイル・システム，コンソールまたは他のI/Oデバイスにアクセスできる並列処理プログラムを提供している。インモス社のB004評価ボードとはソフトウエア互換性をもつ。

プロセッサ・ネットワーキングのためにDMAの双方向リンクが4個用意されている。また，マルチプロセッサ・トポロジの定義をユーザー側で行うことが可能となっている。

低価格な新聞用トータル・カラー・システム

Howtek Inc.

ハウテック社(ニューハンプシャー州ハドソン)は，同社の高性能カラー・スキャナ／色分解システムであるColorscanの新聞用バージョンColorscan NPを展示していた。これはカラー・スキャナ／色分解システムとページ・メークアップ・システムが一体化したものである。Colorscan NPは同社のもつデジタル・カラー・スキャン技術，高解像度のカラー印刷技術をベースに作られており，カラー画像の処理からページ・メークアップまでを行うことを可能としている。i80386ベースのPC/ATコンパチブル機と380Mバイトのハードディスク・ドライブをホスト・コンピュータとして，カラー・フラットベッド・スキャナColorscanや35mmフィルム・スキャナColorscan 35，カラー・インクジェット・プリンタPixelmaster，スクリーン・ジェネレータ，ソフトウエアなどから構成される。

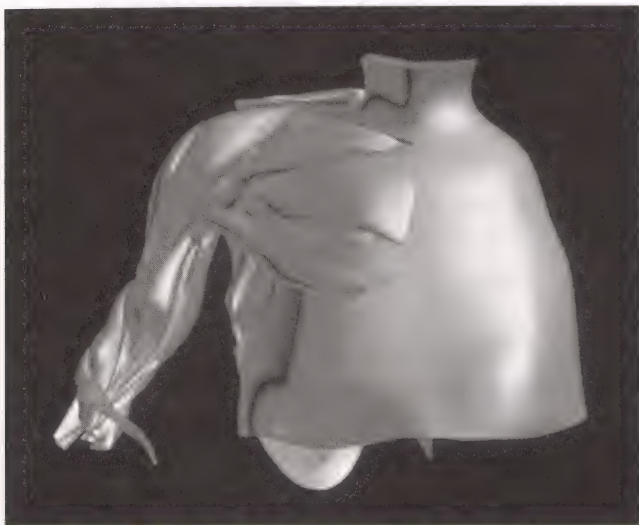
機能としては大きく，①スキャナによる画像入力，②画像の組合せとページ・メークアップ，③色補正後，画像出力――の3つに分かれる。入力はスキャナにより行われ，各色256段階のグレースケール・データとなる。スキャンニングのフォーマットは，Scanmasterが30～300サンプル／インチまでの可変，Scanmaster 35が1フレーム当たり1,400×2,000の読取り精度となっている。ガンマ補正の表示を通して，または全体の色調におけるCMY値をヒストグラム表示することによって，グローバルな色補正を行うことができる。出力装置としてはECRM Pelbox 108レーザー・フィルムレコーダがサポートされている。これは1,016dpiの高解像度で17.5×25インチのフィルムに出力できる。また，プルーフ用に240dpiのカラー・インクジェット・プリンタPixelmasterを接続できる。

NURBSをサポートしたサブルーチン・ライブラリ

Engineering Geometry Systems

エンジニアリング・ジオメトリー・システムズ社(ユタ州ソルトレークシティ)は，Alpha_1プロジェクト(PIXEL 87年9月号参照)での研究成果をもとに，NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)曲線・曲面をサポートしたサブルーチン・パッケージNURBS Now!を発表した。NURBSはスムーズな曲線・曲面を美的にも満足させ，かつ使いやすいやり方で記述させることができる。この方法は強力な自由曲線・曲面を簡単に計算できるという数学的特性をもっている。このNURBS Now!を用いることによって開発期間の大幅な短縮が可能になり，モデリング，グラフィック・オペレーション，パフォーマンスを大きく向上させることができると同社ではみている。このライブラリは区分間多項式や円錐曲線も正確に記述できる。プログラムはC言語で記述されており，オブジェクト指向で，B-Splineの次数や大きさには制限を受けない。Cコンパイラを用いることによって，どんなコンピュータで開発されたソフトウエア／ハードウエア製品にも使用可能である。

NURBS Now!が提供する機能は，グラフィック・モデリング・アニメーション，プレゼンテーション・グラフィックス，ハードウエア，グラフィック・アドオン・ボード，パーソナルコンピュータ・ソフトウエアなどの製品開発のための重要なツールになるとしており，曲線・曲面の幾何形状的に正確な記述が必要とされるような製品の開発には非常に有効である。

Alpha_1は1980年に本格的に研究が開始された。当時は曲線および曲面の記述にはポリゴンが用いられるのが一般的であ

NURBS Now! を用いてモデリングされた人体の筋肉

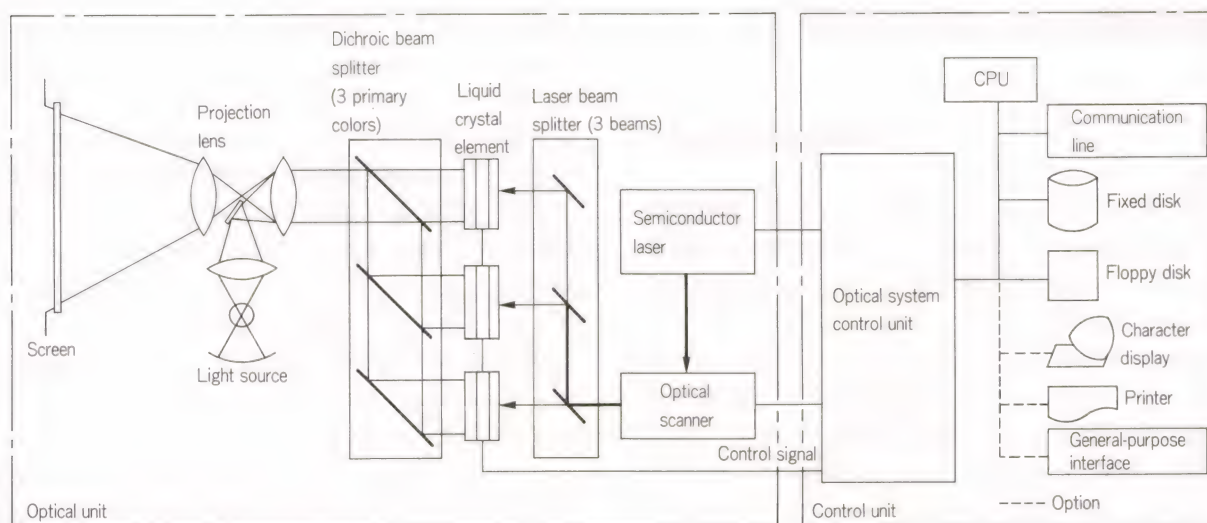
った。そこでユタ大学の中でNURBSをベースにしたテクノロジの将来性を見越して研究計画が開始されることになった。その後8年間で新しいソフトウエア標準の制定が進められてきたが，これはNURBSの技術をベースにしている。同社は，この研究計画の主要な研究者であったエレイン・コーエン博士とリチャード・リーゼンフェルド博士が中心となって設立された。

NURBS Now! のパッケージは，ソースコード，ドキュメンテーション，サンプル・プログラムが含まれており，価格は2万5,000ドルである。

2×2メートルの液晶プロジェクション・ディスプレイ

Hitachi America, Ltd.

ヒタチ・アメリカ(日立製作所の米国子会社)は，2×2mの大きさで解像度は2,000×2,000という高解像度の液晶プロジェクション・ディスプレイ Hitachi Liquid Crystal Large Screen Display を発表した。これは，このクラスの解像度としては最大の画面をもっており，7色(赤，緑，青，シアン，マゼンタ，イエロー，黒)の表示が可能である。画面が1,000ルーメンと明るく，フリッカ・フリーなので静止画を長時間モニターするような利用法に向いている。例えば，システム・オペレーションの監視(コンピュータ・ネットワーク，支店の端末操作，航空／鉄道の操作)，ユーティリティ・ネットワーク(送電，水道，ガス・パイピングなど)の監視，プラントの監視，地図の表示などの用途が考えられる。

画像の書込み速度は5〜10m/秒で，ベクトル・スキャンニングにより画像の一部を瞬時に変更することができる。このディスプレイ・システムにはディスプレイ・プログラムをストックするために，フロッピディスク・ドライブとハードディスク・ドライブが各1基ずつ搭載されている。インタフェースとしては，RS-232Cポート，BSCコミュニケーション・インタフェースが備えられている。

LIQUID CRYSTAL LARGE SCREEN DISPLAY のシステム構成

ImagePaint

画家が描いたような絵を簡単に描けるソフトウエア

ImageWare Research and Development Inc.

イメージウエア・リサーチ・アンド・デベロップメント社（カナダ，トロント）は，静止画やビデオから取り込んだ画像に対して「画家が描いたような」効果がだせるソフトウエア ImagePaint を発表した。これはデジタイズした画像を取込み処理することによって，水彩画，油絵，木炭画，クレヨン画，パステル画，インク画，リトグラフといった絵画の古典的な手法を用いてあたかも手描きしたような効果を与えることができるというもの。古典的な手法のみでなく，反射するクロームやガラスのような効果もだすことができる。コンピュータによるペイント・システムは，アーチストとしての高度な技術が必要なことから静止画に限られていたが，そのソフトウエアは自動的に「絵画の」効果をだすことができるため，アニメーションへの利用が可能である。

ビデオから取り込んだ画像にこのような効果を施すことによって，例えば A-HA の“Take On Me”のビデオクリップにみられる手描きアニメーションのような効果もだせる。ビデオテープやフィルムレコーダへのシングル／マルチプル・フレーム・エディットもサポートされている。

また，プリセットのエフェクトの他にすべての効果ブロックを組み合わせることができるので，オペレータが独自の効果を作り出して機能として組み込むことも可能である。

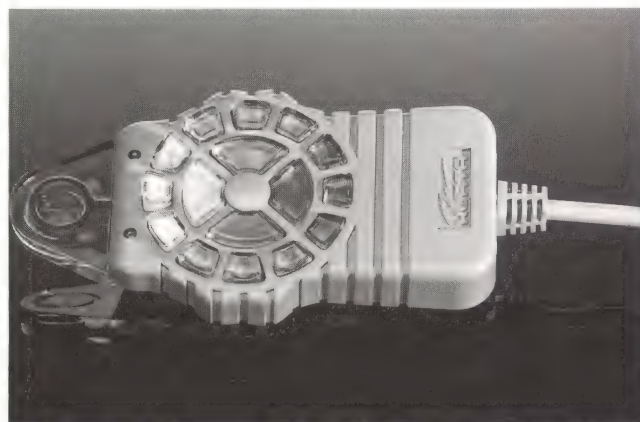
ImagePaint はインタラクティブなメニュー・ドリブン方式によるウィンド式の画面構成で，キーボードおよびマウスまたはタブレットにより入力を行う。技術に不慣れなユーザーもしくは初心者でも使えるように，多くの効果が選択できるようになっている。1枚の写真から数百もの異なった絵を製作することも可能である。

現在，このソフトウエアはキュビコンプ社の CS24 PictureMaker System 上で稼働するが，他のグラフィック・システムにも移植が進められている。毎秒 30 フレームをハードウエア技術によってクリアすることで DVE(デジタル・ビデオ・エフェクト)への利用も同社では考えている。

人間工学的に設計されたプログラマブル 16ボタン・カーソル

Kurta Corp.

カータ社(アリゾナ州フェニックス)は，大規模のドローイング／デジタイジング業務に適し，人間工学的に設計されたプログラマブル 16 ボタン・カーソルを発表した。このカーソルは同社の IS/THREE 入力システムと組み合わせて使用するようになっており，建築設計，機械設計，マッピングなどの分野での利用が考えられている。

このカーソルのホーム・ポジションは「太陽」のような形をしたボタン群の真ん中に位置し，すべてのボタンに届く理想的な位置に設定されている。16 のボタンにはよく使うソフトウエアのコマンドをユーザー側で設定できるため，キーボードからの入力を少なくし，作業効率を大幅に高めることが可能である。また，AutoCAD や VersaCAD をはじめとする多くのアプリケーションではカーソル・ボタンを 4 個必要とするため，新しいカーソルでは頻繁に使うこの 4 個のボタンを他のボタンよりも

16 ボタン・カーソル

大きくしている。すべてのボタンに，コマンドが命令されたことがわかるようにタッチ・フィードバックが起きる。また，これはLEDによって視覚的にもわかるようになっている。

この16ボタン・カーソルは同社のタブレットであるSeries Three, IS/THREE, IS/THREE LTDで稼働する。マルチボタンのデバイスをサポートするソフトウエアであれば，どれでも使用可能である。小売価格は395ドルとなっている。

トランスピュータを使用してMacIIを200MIPSのワークステーションに

LEVCO

レブコ社(カリフォルニア州サンディエゴ)は，Macintosh IIをベースにし，トランスピュータT800を20個接続することにより200MIPSのパフォーマンスをもつシステムTRANSLINKを発表した。構成は5Mバイト・メモリのMacintosh II，150Mバイトのハードディスク・ドライブ，ソニー製19インチ・カラー・モニター，拡張キーボード，電源および冷却ファン，4MバイトRAMのT800を1個，1MバイトRAMのT800を19個，occam II RISCコンパイラ，MPWアセンブラおよびCコンパイラ，マウス・パッドとなっている。

価格は6万4,421ドルで，1 MIPS当たり161ドルというコスト・パフォーマンスである。

MacII用プリプレス・ソフトウエア

Pre-Press Technologies, Inc.

プリプレス・テクノロジーズ社(カリフォルニア州インシニタス)は，Macintosh II用のプリプレス・ソフトウエア2製品を発表した。色補正と色分解ソフトウエアで，i80386ベースのIBM PC/AT用にリリースされていたもののMac IIバージョンである。

色補正用のソフトウエアはSpectreMatch I。グラフィック・アーチストが自分自身で色補正を手早くかつ安価にできるようにしたものである。300～1,000dpiのスキャナによりTARGAから画像を読み込み，TARGAのフォーマットで出力する。操作はレーザー・ドラム・スキャナと同じで，範囲指定，グラデーション，色をイエロー，マゼンタ，シアンに分けて操作できる。また，アーチスト自身がRGBモニター上で補正前と補正後とを比較することができる。画像の解像度には上限がない。補正された画像はフィルムレコーダへの出力が可能である他，同社のSpectrePrint Iを使用することによってレーザー・イメージ・セッタによる色分解印刷のためのPostScriptファイルに変換することができる。

機能としては以下の通りである。

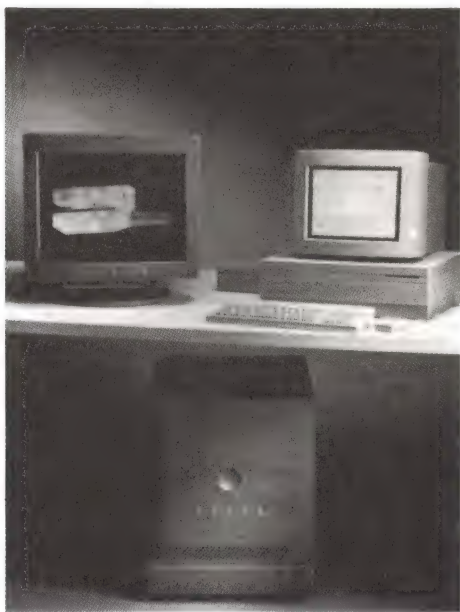
- ハイライトや影の範囲を，イエロー，マゼンタ，シアンを1%ごとに調整することで変更できる。
- イエロー，マゼンタ，シアンのハイライトのグラデーション，1/4トーン，ミッドトーン，3/4トーン，影の変更ができる。
- 赤，緑，青，イエロー，マゼンタ，シアンや中間色と，イエロー，マゼンタ，シアンとの加算，減算を行うことができる。

一方，SpectrePrint Iは，PostScriptによるフィルムやレーザー・イメージ・セッタへの出力のために色分解を行うソフトウエアである。赤，緑，青の画像を印刷出力用にイエロー，マゼンタ，シアン，黒の4色に分解し，グラデーション，アンシャープ・マスキングなどの処理を行う。SpectrePrint Iでは画像をTruevisionフォーマットで保存し，ユーザー自身によって色補正，色分解を行い，4個のPostScriptもしくはTIFFファイル・フォーマットに出力して，デスクトップ・パブリッシャーやプロフェッショナル用テキスト／ページ・レイアウト・プログラムにもっていくことができる。

価格はSpectreMatch Iが3,000ドル，SpectrePrint Iが6,000ドルである。

Sun, IRIS用のRenderMan開発ツール

Pixar

ピクサー社(カリフォルニア州サンラファエル)は，同社が提案している3次元シーン・ディスクリプション・インタフェースRenderManをベースにした製品開発を促すための開発ツールキットを250ドルという戦略的な価格で販売すると発表した。RenderManは，複雑な3次元形状のモデラーと複雑な3次元シーンをフォトリアリスティックな品質でレンダリングするレンダラとの標準インタフェースとして同社により提案されているものである。その内容については本誌解説記事を参照いただきたい。開発ツールキットRenderMan Developers Toolkitには同社のレンダリング・ソフトウエアの1回に限った使用許諾，電子掲示板サービスであるRenderMan Developer Servicesへのアクセス権，定期的な技術ニュースなどが含まれている。対象となるハードウエア・プラットフォームとしてはまず最初にサン・マイクロシステムズ，シリコン・グラフィック

Pixar II と Macintosh II

ス両社のワークステーションが今年の秋に，i80386ベースのIBM PC互換機(コンパック社のDesktop 386など)が今年の第4四半期に出荷される。アップル社のMacintosh II，アポロコンピュータのワークステーションへのサポートも計画されている。

また同社は，イメージ・コンピュータPixar IIとMacintosh IIとのインタフェースも発表した。このインタフェースはハードウエアおよびソフトウエアからなり，Mac IIユーザー向けにPixar IIにバンドルされる。インタフェースはSCSIボード(Pixar本体に内蔵される)とイメージング・ソフトウエア，ランタイム・ライブラリ，ソフトウエア開発ツールから構成される。ソフトウエアはA/UX(UNIXのアップル版)のもとで動く。このインタフェースの出荷時期は今年第4四半期となっている。

4色分解を行うカラー・プリプレス・ソフトウエア

Pansophic Systems, Inc.

パンソフィック・システムズ社(イリノイ州オークブルック)は，自社のグラフィック・ワークステーションStudioWorks(i80286/80386ベース)用の4色分解プリプレス・ソフトウエア・パッケージPressworkを発表した。このパッケージを利用することでStudioWorksのユーザーは色分解のネガを作成でき，色バランス，色補正なども自由にコントロールできるため，製版工程を大幅に合理化できる。

PressworkをPostScript対応のプリプレス装置と接続することにより，35mmスライド，ビデオ，カラー・ハードコピーへの出力だけでなく，プロセス・カラーのための色分解したネガを作成することが可能になる。加算方式のRGBデータをプロセス・カラー用のCYMK(シアン，イエロー，マゼンタ，黒)に変換する。

価格はPressworkが9,995ドル，286 StudioWorks Systemsが3万9,900ドル，386 StudioWorks Systemsが4万6,900ドルとなっている。

TDIが開発したレンダリング・ソフトのPC版

Rainbow Images, Inc.

レインボー・イメージズ社(カリフォルニア州サンノゼ)は，フランスのCGプロダクションであるトムソン・デジタル・イメージ(TDI)が開発したレンダリング・ソフトウエアEXPLOREのローエンド製品としてPC/AT互換機をベースにした3次元CGシステムを発表した。

製品名はEXPLORE-PCで，システム価格は5万5,000ドルである。上位機種であるEXPLOREはグラフィック・ワークステーションをベースにした3次元モデリング／アニメーション・ソフトウエアであるが，同社ではEXPLORE-PCをデスクトップ画像処理および工業デザインの市場に販売していきたい構えである。

EXPLOREのソフトウエア・モジュールは，① Polygonal modeling：ワイヤー・フレーム・モデルから3次元オブジェクトを構築する，② Free-form surface modeling：自由曲面を生成する，③ Animation：モデルに動きをつける，④ Visualization：色，光源，影などのグラフィック効果などによって高度でリアルな曲面テクスチャをもったオブジェクトを生成する，などの機能をもっている。

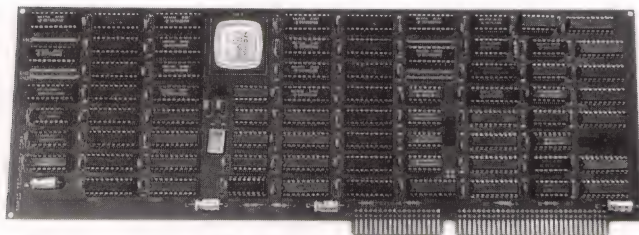
これらのモジュールはウィンドを用いており，デジタイザ／タブレット，ダイアル／ボタン・ボックス，マウス，キーボードなどの入力機器を並用できる。モデルは同時にいくつかの視点から見ることができ，リアルタイムの変更が可能である。出力は放送用ビデオやフィルムに行える他，TCP/IPプロトコルによりEthernetネットワークに送ることもできる。また，ファイル・フォーマットはCATIA，STAR，MEDUSA，CADDS，IGESをサポートしている。

EXPLORE-PCのハードウエアはUNIXが動くi80386ベー

スのPC/AT互換機で，CPUクロックは30MHz，5MIPSの計算速度をもつ。ハードディスク・ドライブは300Mバイトで，さらにグラフィック・ボードが3枚内蔵されている。この中には4MバイトRAMとフェアチャイルドのClipperマイクロプロセッサが搭載され，グラフィック能力を高めている。

PC/ATで動く13.5MFLOPSのアレイ・プロセッサ

Rapid Technology Corp.

ラピッド・テクノロジー社(ニューヨーク州アマースト)は，PC/AT用の32ビット・アレイ・プロセッサASAP32を発表した。ASAP(Application Specific Array Processor)はCAD，画像処理，シミュレーション，デジタル信号処理など高速な計算を必要とするアプリケーション向けに開発されたものである。現在はエンジニアリング・ワークステーション並みの計算能力をもつ低価格なコンピュータがユーザーから求められている状況下にあり，1MFLOPS当たり100ドルを切ったことでかなりの市場性が見込めると同社では予想している。ASAP32は13.5MFLOPSのフローティング・ポイント・プロセッサ，2K×32ビット・プログラムRAM(基本的な数学計算，ベクトル演算，マトリクス演算，入出力管理を行う)，プログラムRAM×2，4K×32ビット・データ・バッファRAM×2(PCとフローティング・ポイント・プロセッサの間のデータ転送を行う)から構成される。また，ASAP32にはいくつかのアプリケーションのためのソフトウエア・ライブラリが付属している。それぞれのライブラリには，頻繁に使われるアルゴリズム，関数，演算がユーザーの使いやすいかたちで収められている。現在サポートされているアプリケーション分野は3次元グラフィック，画像処理，レンダリングの3つである。今後，デジタル信号処理，統計分析，シミュレーションなどのアプリケーション用ライブラリもサポートしていく。

ASAP 32

IRIS 4Dの最上位ワークステーション

Silicon Graphics

シリコングラフィックス社(カリフォルニア州マウンテンビュー)は，IRISグラフィック・ワークステーションの新機種としてIRIS 4D/80GTおよびIRIS GTXアップグレードを発表した(詳細はNew Productsを参照)。IRIS 4D/80GTは13MIPS，1.5MFLOPS(倍精度Linpack)および5万5,000ポリゴン／秒という性能をもつ。米国での価格は8万9,900ドル。IRIS 4Dシリーズは1987年3月の出荷以来，全世界で1,800システムを販売しているという。

GTXアップグレードは，4D/70GTまたは4D/80GTに2個目のプロセッサを加えることによってグラフィック処理と解析処理を並列で行えるようにしたもので，グラフィック・エンジンの性能も最大値にまで上げることができる。4D/GTXは10万ポリゴン／秒(四角形，グロー・シェーディング，フォン・ライティング，Zバッファ)，ピクセル・フィルは8,000万個／秒という強力なグラフィック処理能力と，20MIPS，2MFLOPSのCPUパワーをもつ。アップグレード価格は4D/70GTからが5万5,000ドル，4D/80GTからが4万ドルとなっている。

Wavefront, ALIASに対抗する低価格3次元アニメーション・ソフト

SoftImage Inc.

ソフトイメージ社(カナダ，モントリオール)は，新しい3次元アニメーション・システムThe SOFTIMAGE 4D Creative Environment Ver. 1.0を発表した。プラットフォームはIRISワークステーション，Pixar Image Computerなどである。同社は「ピアノ弾きトニー」のキャラクタおよびアートデザインを担当したダニエル・ラングロアにより，1986年に設立された新しい会社である。

このソフトウエア・システムは非常にインタラクティブなユーザー・インタフェースになっている。5つのモジュール(MODEL，MOTION，MATTER，ACTOR，ACTION)間はディスプレイの上部に表示されているServer barによって自由に移動でき，ポップアップ・メニューによる使いやすい画面構成になっている。スケルトンベースのモデリング／アニメー

ション，無限の階層構造，微妙な表現までできるポリゴン・メッシュおよびパッチ，モーション・ブラーなどの機能をもつ。

MODEL はインタラクティブにモデリングを行うモジュールである。パッチまたはポリゴン・メッシュを選択でき，さまざまな3次元形状を生成することができる。オブジェクトは階層化されているため，部品のように組み立てたり，それぞれの部品を個別に変形させたり，全体的に変形させたりする機能をもつ。また，体積，表面積の計算も行うことができる。

ACTOR は作成されたモデルの内部のスケルトン構造を設定することができる。直線や曲線の表示によって関節の自由度や拘束条件を規定する。相互結合や変形のパラメータの設定までが可能であり，キャラクタ・アニメーションに最適である。

MOTION はシーンの中でのオブジェクトの位置，動き，光源とカメラなどの設定を行う。これらのモーション・パスを設定し，形，階層構造，質感などを時間と動きの流れの中で設定する。

MATTER は質感エディタおよびレンダラで，フォトリアリスティックな画像を生成する。光，色，ソリッド，テクスチャ・マッピング，トランスペアレンシといった質感を細かくコントロールすることができる。レンダラは高速なスキャンラインとCG プロダクションでも使用可能な速度のレイ・トレーシングがサポートされている。ソフト・シャドーイング，リフレクション，モーション・ブラーなどの機能も装備されている。

ACTION はレンダリングの計算をバックグラウンドでやりながら別のモジュールで作業することができる。ビデオ，HDTV，フィルムなどへの出力もこのモジュールで行う。

価格は MODEL が1万5,000ドル，ACTOR が1万ドル，MOTION が1万5,000ドル，MATTER と ACTION は合わせて2万ドルである。

SOFTIMAGE 4D Creative Environment を用いて制作された “Water Strider”

GS 1000 用のアプリケーションを拡充

Steller Computer Inc.

ステラ・コンピュータ社(マサチューセッツ州ニュートン)は，GS1000 グラフィック・スーパーコンピュータ用のアプリケーションとしてウェーブフロント・テクノロジーズ，インテリジェント・ライト，メディア・ロジック，パラゴン・イメージング，ローウェル大学が開発したソフトウエアを発表した。これはステラ社のアプリケーション・ソフトウエア・プログラムに基づくもので，今回の発表で GS1000 用のアプリケーションは40 を超えた。

ウェーブフロント・テクノロジーズ社は GS1000 用に Wavefront Dynamic Imaging System の中の Model，PreView，Image のソフトウエア・モジュールを発売する。

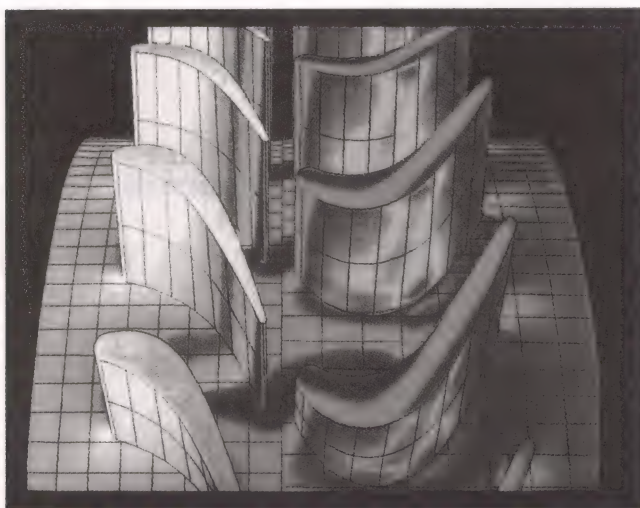
インテリジェント・ライト社は，アニメーション／ビジュアリゼーション・ソフトウエア Intelligent Light の GS1000 バージョンをリリースした。同社のソフトウエアは，航空宇宙，自動車の分野を中心として科学技術計算の視覚化やプロダクト・スタイリングなどに用いられている。同社では，SDRC 社の GEOMOD の形状データを Intelligent Light のフォーマットに変換するプログラム GEOTRANS も販売する。

メディア・ロジック社の Artisan はフルカラーのペイント／イラストレーション・システムを発表した。これは GS1000 のもつ Virtual Pixel Maps を使用することによって，複数のイメージをほぼ無限大の解像度で作成することができる。

ローウェル大学が開発した Imaging Kernel System(IKS)はステラ社から販売される。IKS はオブジェクト指向の画像処理ソフトウエアである。パラゴン・イメージング社の Paragon-IL も画像処理ソフトウエアで，100 以上のアルゴリズムがライブラリとして組み込まれている。

HP の SRX/TurboSRX 用グラフィック・アニメーション・システム

Sterling Software

スターリング・ソフトウエア社(カリフォルニア州パロアルト)は，ヒューレット・パッカード(HP)社の HP9000 グラフィック・ワークステーション用のグラフィック・アニメーション・システム GAS[9000]を発表した。HP 社のグラフィック・ワークス

GAS9000

テーション・シリーズであるSRX, TurboSRX上で稼働し，そのグラフィック・アクセラレータの機能を利用して複雑な科学／工学の幾何形状のアニメーションを行うことができる。

機能としては，

- マウス・ドリブン・メニューにより機能の選択，オブジェクトの操作を行える
- 2次元／3次元オブジェクトの視覚化，レンダリングを行える：ワイヤー・フレーム，ソリッド，グロー・シェーディング，プレッシャー・マッピング，スペキュラー・ハイライト
- カラーおよびアウトライン・フォントによる説明文，テキストとオブジェクトを同時に表示，出力できる
- 光源操作をインタラクティブに行える
- ダブル・バッファ，Zバッファのサポート
- デバイス独立なARCGRAPHメタファイルを読み込める
- UNIXのシェル・エスケープ機能をもつ
- 高速化のためにQuadメッシュ・データ・フォーマットを用いている

などがある。

シンボリックスのグラフィック・ソフトとCATIAの接続パッケージ

Symbolics Graphics Division

シンボリックス社グラフィック・ディビジョン(カリフォルニア州ロサンゼルス)は，サードパーティーにより開発された製品およびサービスを発表した。一つは同社のグラフィック・ソフトウエアと3次元CAD/CAMシステムであるCATIAとの間のデータ変換を行うパッケージで，もう一つはSymbolicsワークステーションのネットワークにより高速にレンダリングを行うサービスである。

CATIAとのデータ変換パッケージを開発したのはプレミア・エンジニアリング社である。CATIAのサーフィスおよびソリッド・データをポリゴンの中間ファイルに変換し，Symbolicsワークステーションに送る。同じことを逆方向にも行うことができる。

レンダリング・サービスを行うのはドゥグラフ／ウォーマン社で，サービスにはRender Expressという名称がつけられている。このサービスはシンボリックス社のアニメーション・システムのユーザーに対して提供され，これによってユーザーはコマーシャル制作の場合などに不必要な設備投資をしないですむようになる。Render Expressに用いられている技術は，昨年のSIGGRAPHで発表されたCGアニメーション「スタンレーとステラ」で使われたものを改良したもので，Netrenderとよばれている。

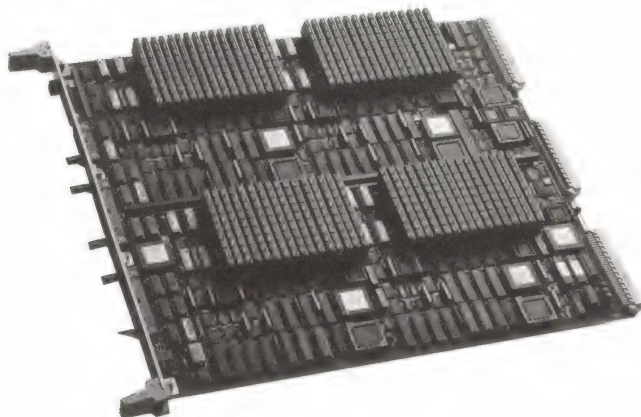
Render Expressを使うには，カスタマは自分のシステムでRenderPakというプログラムを走らせてシーンのアニメーション，ライティングなどのデータをパッケージ化し，必要な情報とファイルをカートリッジ，9トラックに転送する。カスタマはレンダリングされたシーンをカートリッジ・テープ，ビデオ，フィルムのいずれのかたちで欲しいかを指定することができる。納期は事前に問い合わせる必要がある。

ウェーブフロントの3次元アニメーション／レンダリング・ソフトウエアをインプリメント

Tektronix, Inc.

テクトロニクス社グラフィックス・ワークステーション・ディビジョン(オレゴン州ウィルソンビル)は，同社の4330グラフィック・ワークステーションにウェーブフロント・テクノロジーズ社のWavefront Dynamic Imaging System Ver. 2.8がインプリメントされたと発表した。モジュールとしてはModel, PreView, Image, Meditが9月からの出荷となる。ウェーブフロント・テクノロジーズ社のソフトウエアは航空宇宙，産業機械，工学設計，科学技術計算の視覚化，コンセプチュアル・デザイン，トレーニング，ドキュメンテーション，プレゼンテーションなどの分野における3次元アニメーション，レンダリングとして定評がある。

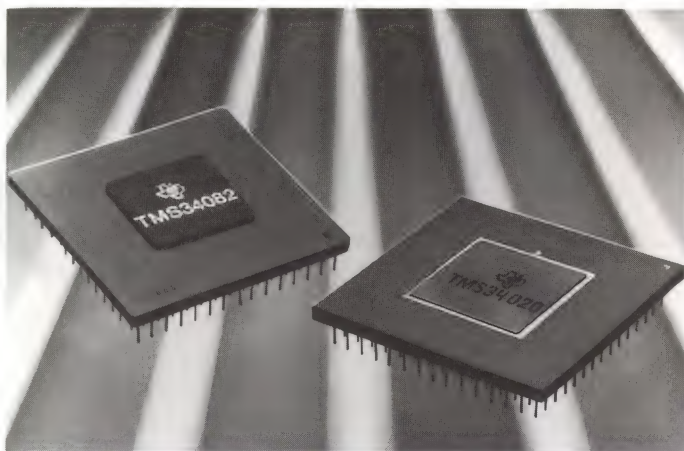
並列処理用LISPをサポートしたトランスピュータ・ボード

Topologix Inc.

Topology 1000

トポロジックス社(コロラド州デンバー)は，トランスピュータT800を4個搭載し，80MIPSのパフォーマンスをもつ並列処理ボードシステムをSun-3/4用に発表した。この製品Topology 1000は最小構成で2万5,000ドルで，1MIPS当たり500ドル以下となっている。並列プログラミング環境をSunワークステーションに提供することを目的としており，シンボリック・プロセッシンク，ニューメリック・プロセッシングの両方を実行可能である。そのためK&Rコンパチブルな並列処理C，および並列Common LISPが提供される。また，Sunのためのユーザー・インタフェースとして，マウス・ドリブン方式のLISPストラクチャ・エディタが用意されている。

TMS34020用の浮動小数点グラフィック・コ・プロセッサ

Texas Instruments Inc.

テキサス・インスツルメンツ社(テキサス州ダラス)は，世界初の浮動小数点グラフィック・コ・プロセッサTMS34082を発表した。これは，同社の第2世代グラフィック・システム・プロセッサであるTMS34020と組み合わせて使用することを想

TMS 34082(左)と TMS 34020

定したものである。この2つのプロセッサを組み合わせることによって，グラフィック処理における浮動小数点計算を100倍以上に高速化することを可能にしている。このコ・プロセッサはIEEEの単精度および倍精度の浮動小数点計算を完全に実行し，整数の演算と論理操作も行う。また，ユーザーが定義して外部のマイクロコード・メモリに記憶されたコマンドをもサポートする。TMS34020のデータバスとアドレスには直接アクセスし，最高で1秒間に4,000万回の浮動小数点計算を行う。

TMS34082は，TMS34020のソフトウエアおよびハードウエア開発ツールによってサポートされる。これにはインサーキット•エミュレータ，ソフトウエア開発ボード，Cコンパイラ，アセンブラ／リンカー／シミュレータが含まれている。

SGI，テクトロニクス，HPのワークステーションで3次元アニメ・ソフトのVer.2.8をリリース

Wavefront Technologies, Inc.

ウェーブフロント•テクノロジーズ社(カリフォルニア州サンタバーバラ)は，高機能3次元グラフィック•コンピュータ用のグラフィック・ソフトウエア製品であるWavefront Dynamic Imaging System の Ver. 2.8をシリコングラフィックス(SGI)，テクトロニクス，ヒューレット•パッカード(HP)の各社のワークステーションにポーティングを行うと発表した。Ver. 2.8はModel，PreView，Imageのソフトウエア•モジュールにおいて16箇所を強化または新しく付け加えた。

同社は，アーデント・コンピュータ，ステラ・コンピュータの両社のグラフィック・スーパーワークステーションへのポーティングも行うことを発表した。

特集2 図面読取りシステムとその機能

編集部

図面の入力，認識，理解システムとは，設計図面や地図などのなんらかの方法で書かれた既成の図面を，スキャナなどでラスター情報として読み取ったものをベクトル情報として入力，シンボルなどの簡単な属性情報まで読み取り，できることならその図面がどのようなものであるかという内容まで理解してくれるシステムのことである。完全な自動化は困難であるので，部分的に人間がお手伝いするシステムが中心になる。スキャナなどで単にラスター情報のまま蓄積しておくことを，ここでは図面読取りとはいっていない。

図面読取りといっても完全なものはない。人間が途中で介入して修正，入力するインタラクティブなシステムである。最近の図面読取りブームに乗っていろいろなメーカーから製品が発表されているが，製品のアーキテクチャはそれぞれ異なっていて違いもはっきりしている。この特集では各社の製品を調査し，その違いをはっきりさせるとともに，バイヤーズ・ガイドのような役割を果たしたいと考えている。

なお，ここに掲載したシステム以外にも住商エレクトロニクス，テクノダイヤ，東芝，日本オリベッティ，武藤工業などより図面読取りシステムが提供されていたが，今回の調査では都合により掲載することができなかった。

機械が読み取れない部分は人間が読み取る

現在いろいろな図面読取りシステムが販売されているが，機能や使い方からどのように分類できるか。

まず，ユーザーがどのような図面を読み取ろうとしているのか，その目的と読み取る図面の種類によっていくつかの分類ができる。単にベクトル化してプロッタに出力できるデータが得られさえすればよいというユーザーであれば，市販されている多くのシステムがその条件を満たす。しかし，実際のアプリケーションまで含めて考えると，単に図面の入力だけでなくその上の認識まで行いたいという要求が最近強くなっている。

図面の自動読取りシステムにもレベルが2種類ある。

- ベクトル化だけを行い，図面の中身には全く立ち入らないという形式のもので，図面のファイル化を目指したシステム
- 図面のファイル化だけでなく，図面の内容の認識までを目指したシステム

現在の図面読取りシステムは機能の面ではかなりばらついており，単に輪郭線を追跡して折れ線で近似するというレベルのものから，きちんと認識まで行うというものまでシステムによってレベルの差がみられる。また現在の図面読取りシステムは，本当の意味で図面の自動読取りシステムとして完成されたものがない。一口に認識と言ってもかなり強い制約がある。本当に図面をファイル化しておきたいという目的で輪郭線でも何でもいい，とにかくプロッタに出力できるかたちであればよいという非常に低レベルの要求であれば，価格とか入力速度の問題が決め手となってくる。しかし，実際の要求はもう少し高く，より美しく，そして図面の内容にまで立ち入って認識を行いたいという要求がユーザーの中にでてきている。そういう要求にこたえるとなると，完全なものとはいわないまでも図面の自動読取りの技術，特にパターン認識の技術がまだあまりにも不完全な現在では，まだこれだという決め手がないのが本当のところである。

しかし，コンピュータに処理させる問題としては非常に難しい問題である。人間がどうやってパターン認識のやり方を計算機に教えたらよいかが，まだよくわからないからである。したがって，機械ができるところは機械がやり，人間しかできないところは人間が行うというかたちに落ち着く。

日本語の認識は難しい

INSエンジニアリングとか社会調査研究所のような半自動

型の読取りシステムというものがある。機械に補助してもらいつつ，複雑な部分は人間が判断して修正したりインプットしていくものである。読み取れない部分があれば機械の方から聞いてきて，それに人間が答えるというマン・マシン・インタラクティブなシステムが，最も現実的かつ実用的なものといえるのではないだろうか。

直線や円，円弧などの形状の認識は，現在では認識とはいわない。昔はこういったことも認識といっていたが，円弧で描かれているものであれば円弧であるとわかるのは当然のことで，その円弧が何を意味する円弧であるか，何かのシンボルの一部なのかまで読み取らなくては認識ではない。例えば線種がいくつかあるとすると，太線で描かれているものが何かという知識が必要で，単にここに太線があるということではなく，そこに何があるのかということの表現まで認識していなくてはいけないのである。

今回の調査でシンボルといっているものは，文字・記号に類する孤立シンボルととられているようである。現在の文字・記号の認識については，たとえ英数字が読めたとしても図面認識にはなっていない。認識とはあくまでも図面の内容にまで立ち入った認識のことで，それは理解に等しいことなのである。

現在のシステムでは，日本語の認識はできないというものが多い。その認識が非常に難しいためである。もともと日本語，漢字仮名混じり文はOCRによる認識でも難しい。図面読取りの場合，OCR入力より難しいことは，どこに文字が描かれているのかをまず抽出して切り出さなくてはいけないことである。OCRのシートに描かれている場合には，少なくとも文字が書かれているところはどこかわかる。さらに紛らわしいものだと，文字列がどこで切れているかまるでわからないということもある。文字を切り出してくるまでが非常に大変な仕事になる。

人間が機械の認識を助ける，半自動読取り

社会調査研究所のWIT/MAPの特徴は，図形の輪郭線を追跡していって折れ線近似し，そのデータから中心線を求めるという芯線化処理にある。特殊なハードウエアを使わずに汎用計算機上でベクトル化処理を可能としている。もう一つの特徴は，図面の認識を機械が完全に行おうとしても非常に難しいので，システムがどこをどう直したらよいかを聞いてきて人間がそれに答えるというかたちで完成度の高いデジタル図面を高速に入力しようとする，半自動型の特徴をもつシステムであることである。また，この会社は地図をよく知っており，地図関係の図面読取りに強いという特色をもっている。

地形図の場合に図面内容の認識まで行おうとするといろいろな問題がある。例えば，家を例にあげると，家を表現する記号が地図の縮尺によってずいぶん違ってくるのである。25,000分の1などの小縮尺の地図になると記号化のレベルが進み，家は家屋の集合として表示されている。しかし，500分の1などの大縮尺の地図になると家がきちんと四角い形で描かれていて，面倒なことには人間が見ても一目で家とわかるようにきれいに影の部分も付けられている。このように，紙地図のもつ芸術的な表現のものを実用的なデータに変換しなくてはいけないのである。これは非常に難しい。

単に地図の読取りシステムといっても，大縮尺の地図を読み取るシステムと小縮尺の地図を読み取るシステムでは，地図の内容まで認識する場合にはその処理の内容までだいぶ違った構成にしなくてはいけないのである。できるだけ正確に入力しようとすると線の細かな振れまで拾って入力しなくてはならないが，そうすると地図として見た場合，美的ではないという印象が強くなる。

現在具体的に半自動の方法で人間が指示する部分として，地図の場合ではどういうものがあげられるだろうか。

大縮尺の地図の場合。例えばここに2本の線が描かれているとする。1本は真っ直ぐな直線で，その直線に斜めから浅い角度でもう1本の線が近づいてきて接続している。そうすると交点の部分が少し太くなるようににじむのである。そういう場合に

INS-CHASER

システムがどのような処置をするかというと,「この線と線との交点部分がこう交わっているが本当にこれでいいか」と人間に聞いてくるというわけである。そして誤っている場合は,人間が交点の部分を操作してきれいに見えるところに交点を指示してやるという作業を行うわけである

認識できないことより,間違って認識してしまうことが大きな問題

このような曖昧さの入っている図面では,人間の助けなしでの読取りは難しい。判断した部分が正しく認識されていれば問題はないが,間違って機械が自動的に認識してしまった後で誤りの箇所を探すということは非常に難しいからである。

機械の認識率。正しいか間違っているかどうかは別として機械が認識した割合のことである。残りは認識せずにリジェクトしてしまったという部分になる。当然,認識した部分の中には正しく認識したものと間違って認識してしまった部分がある。当たり前であるが,機械が自動的に認識したものの中で正しい認識の率をできるだけ大きくしたいということである。

このようにして機械が自動的に認識したものはほとんど正しいという状況にしておいて,リジェクトされたものを一つずつ人間に確認し,正しい情報を与えてやるといった思想のシステムということがいえる。

最も問題となるのは誤って認識してしまうということだが,これはどうしようもない問題である。認識誤りをゼロにするのは不可能である。そこで実用的な品質の図面は何かというと,一つの基準として考えられるのは,人間が手作業で入力した場合と同じくらいの誤りがある図面ということになる。その図面は,現時点では一応社会に許容されて商品として出回ることができるわけである。手作業の入力過程で得られた図面の中の誤り率が実用的な品質とするなら,それと同じ実用品質のレベルのデジタル図面をいかに効率良く得るかということを,自動入力の一つの目標にすることができるだろう。認識の誤りをゼロにすることが不可能なら,実用品質のレベルを考え,自動認識した結果はその品質を満足するようにするという方法がある。

人間の指示に従って,機械が読取りを行う自動入力システム

INSエンジニアリングのINS-CHASERも非常に特徴のあるシステムである。機械が正確に自動認識するのは非常に難しいので,人間が主体になって入力することを基本として,機械を補助に使おうという考えのシステムである。

例えば,図面の中のある線を入力しようとするときに,どの線を入力したらよいかを人間が示してやる。そうすると機械がその指示された線を折れ線近似しながらたどっていく。それが単純なものであればずっと機械が自動的に認識して終わりになるのだが,交点があったときに次にどちらに進んでよいのかということを機械が人間に聞いてくる。そこで人間が正しい方を機械に指示するという方法である。円などの場合でも,円の一部を示してやると,ぐるっと線を追跡していってきれいな円の図形を認識する。しかし,1つの図面を入力するのに全部人間が指示してやらないといけない。線などの種類を人間がみんな教えてやる必要がある。

しかし,これも自動入力のよいところが生きていて,誰が指示をしてもシステムが線をベクトル化する精度というものは一定のものをもっている。人間が処理をするとすれば,必ず個人差が表れて図面の品質にばらつきが生じるが,人間のやることはデジタル化する線を機械に教えるだけなので,後は自動入力の良さが現れて誰が指示をしても形状の品質は均一になる。

この他のシステムは,機械が主で人間が従というシステムの形式をとっているが,INS-CHASERは人間が主で機械が従の形式をとっている。

汎用計算機上で高速なベクトル化を実行

エリックのSCAN GRAPHICS SYSTEMは,これも図面をベクトル化してファイル化することを目的としたシステムである。その方法としては,ランレングス・コードデータ上で直接中心線を見つけつつ,追跡していくという方法を採用している。画像処理による細線化をしないため,汎用計算機上で高速なベクトル化処理が可能なシステムである。このシステムもまだ形状認識の範囲内で,汎用ソフトウエアで高速なベクトル化を行うというところが特徴としてあげられる。

日本ユニシスのUni-Madamsの基本原理は輪郭線を追跡していき,輪郭線データから中心線データを発生するという原理をベースとしたシステムである。現在の段階では,図面のファイル化のための折れ線近似を行うという内容のシステムとなっている。今回の調査では,確認にはまだ立ち入っていないようである。デジタルデータをきれいに入力しようという美しさの方にシステムの焦点をおいている。

このシステムはかなり広い分野を対象としていて,アプリケーションに依存しない汎用性を目指している。逆に言えば,汎用性を求めた結果,理解までは立ち入らなかったということではないだろうか。

NSXPRES 5000

drʌstem 4750 model 30

専用ハードウエアで入力処理を高速化

新日本製鉄の NSXPRES5000 も位置付けとしては，認識までは行わずに形状記述を行うというものである。このシステムの場合には，読取りは並列処理のハードウエアで高速なベクトル化を行っている。このシステムの特徴はハードウエアにある。またインタフェースのとれる CAD が非常に多い。ラスターとベクトルのデータを重ね合わせて編集できることも特徴である。このシステムで採用している独自のアルゴリズムであるベクトル化処理のピーリング法というのは細線化法の改良で，ストラクチャ法は輪郭線から中心線を抽出する方法の改良だと思われる。

東洋電機製造の drʌstem4000 シリーズも専用ハードウエアを用いているので，入力スピードはかなり速い。専用ハードウエアでノイズ除去とか，細線化処理などのベクトル化を行うというものである。drʌ stem4000 シリーズで書かれている文字領域抽出というのは，文字自体の認識はしないが文字の書かれている領域だけを抽出することである。

完成度の高い，富士通とキャディックス

富士通は昔から非常に熱心に図面読取りに取り組んでいる。FADCS は原形が研究発表の段階から知られており，非常に有名なシステムである。このシステムは認識までを対象としている。このシステムは非常に良い細線化アルゴリズムと，大規模な細線化のためのハードウエアをもっている。かなり以前より図面読取りに取り組んでいるため，技術的にも応用分野的にも非常にさまざまな経験をもっている。FADCS はその経験に基づいて商品化されたものである。専用ハードウエアを使った非常にオーソドックスなシステムで，細部にわたって完成度が高く，必要な機能はほとんど備えている。そのために，これはという特徴はなくなっている。完成度の高い正統派のシステムである。

AD 4001

キャディックスも昔からオーソドックスな手法で図面読取りに取り組んでいて，富士通と同様に多くの経験を積んできている。この AD4001 というシステムは，実に多くのいろいろな分野の図面を対象として入力できるシステムである。AD4001 の場合も富士通の FADCS と同様に完成度が高く，これだという特徴を一言で言うのが難しい。非常に細かい部分までしっかりと作り上げられているシステムである。キャディックスは専用ハードウエアを使用して，実用的な図面入力システムを日本で最初に製品化した会社として注目を集めた。その後，一つ一つ経験を積み重ねていくという地道な努力により，非常に完成度の高いシステムにまとめ上げている。

多色図面の読取りに対応した機種も

日立精工の ADG-C000 の特徴は，多色図面を同時に認識できるということである。色の認識が可能であれば，認識しようとする対象に着色することができ，構造化，認識，理解などがしやすい。例えば LSI の図面などのように，レイヤーごとに色分けしておいて色で属性が表現されていれば，その属性や構造まで読み取ることができる。

しかし，フルカラーの場合となると，色を安定して分離することが機械的にどこまでできるかという問題があり，まだ認識の基礎技術的な問題が残っている。現在では 4 色なら安定した読取りができる。例えば，異なる色の線の交点では色が微妙に変化するなどの問題から，色を安定して分けられるのが何色であるのかというデータがまだよくわかっていない。LSI などの多層表現が必要な設計図面においては力を発揮しそうである。

図面の入力と出力を 1 台で兼用

兼松コンピュータシステムの K-SCAN128 は，図面読取りシステムのスキャナとプロッタを兼用するという考え方による製品である。プロッタのセンサーヘッドを交換することにより図面読取りと図面の出力を 1 台で行ってしまおうという，デジタイザ＋プロッタというこれまで述べたシステム群とは少し異なった考え方のシステムである。

特集 2　図面読取りシステムとその機能

図面自動読取り装置の現状と動向

図面の自動読取り技術の現状をまとめ，製品化の状況について解説する。また，ユーザーの立場から図面自動読取り装置で何ができ，どう使えばよいのかについて考察する。

山川　修三*

はじめに

CADシステムなどのコンピュータ・グラフィックス・システムや施設管理システムのような図面管理システムが普及してくるにつれ，既存図面の情報をコンピュータに入力する効果的な手段が求められている。このニーズにこたえるため，ここ10年の間に図面自動読取り装置が開発され，製品化が行われてきた。これらの図面自動読取り装置は，既存の図面情報をコンピュータ・システムに情報変換する効果的な手段であるが，図面入力に関する万能な装置ではない。それは，図面の入力がOCR（文字認識装置）に比べてはるかに難しい技術課題を含んでいるためである。それでは図面自動読取り装置はまだ研究段階であり，実用的な製品にはなっていないかといえば，そうではない。すでにいくつかのシステムにおいて，図面自動読取り装置が既存図面の入力手段として効果を発揮している。

そこで本稿では，図面自動読取り装置を利用する立場に立って解説を行うこととし，現在の図面自動読取り装置にどの程度のことが期待できるのか，また効果的に利用するためには何をしなければいけないのかを明確にすることとしたい。まず，図面自動読取り装置とは何を行う装置であるかについてと，その基本的な仕組みについて述べる。次に，現状の図面認識技術の到達点とその限界について述べ，図面自動読取り装置が処理できるレベルと範囲について解説する。また，現在製品化されている各種の読取り装置について筆者なりのカテゴライズを行い，最後に今後の展望について考察する。

図面自動読取り装置とは何か

既存図面とは平面的な紙状のものに図形情報や文字・数値・シンボルの情報が記載されているものを指しているが，これらの情報は，コンピュータに入力される以前にはすべてラスター（イメージ）情報として存在している。一方，コンピュータの内部では多くの場合，図形情報はベクトル（座標）データとして扱われ，文字・数値・シンボルはコードデータとして扱われる。さらに，図形情報と文字・数値情報との間では互いにデータをリンクして扱ったり，図形情報間では接続されているとか，包含関係にあるなど構造化されている場合が多い。

しかし，コンピュータはベクトル情報やコード情報だけではなく，ラスター情報も取り扱うことが可能である。ラスター情報をそのままで扱うシステムを画像処理システムといい，この場合はラスター情報からベクトル情報やコード情報へ変換する手間は不要である。画像処理システムでは，スキャナからのラスター情報をそのままのかたちで処理を行い，航空写真やX線写真などの画像情報の解析やデータベース化を行う。それではなぜラスター情報をベクトル情報やコード情報へ変換するかというと，その目的は2つある。一つは，ラスター情報からベクトル情報やコード情報へ変換することによってデータ量を削減することである。通常の図面では，ラスター情報からベクトル情報やコード情報に変換することにより，データ量は数分の1から数十分の1へ圧縮される。もう一つは，上記の変換を行うことによって，コンピュータ内での「情報の加工」を行いやすくするためである。例えば，CADシステムにおいて特定の歯車の仕様を変更したり，施設管理システムにおいて特定の施設の属性を変更したりすることは，画像処理システムではきわめて困難である。それゆえ，ベクトル化やコード化は入力された情報をデータベース化するだけではなく，なんらかの「情報の加工」を目的として行うわけである。図面自動読取り装置を論じる場合，後者の目的の方が重要かつ本質的である。前者の目的のみなら，光ディスク・ファイルなど最新の画像機器を利用す

*やまかわ　しゅうぞう　　日本電信電話㈱　情報通信処理研究所　〒238-03　神奈川県横須賀市武 1-2356

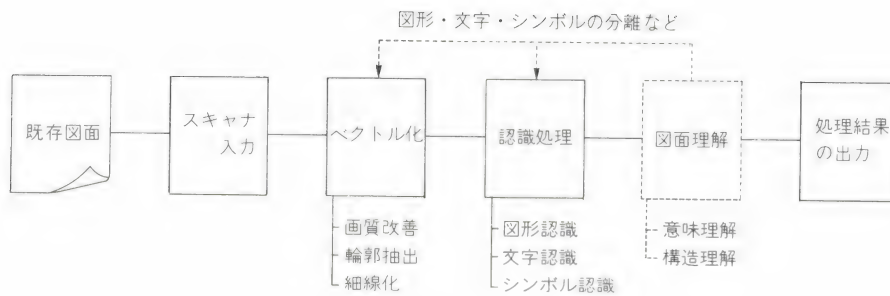



図 1　図面自動読取り装置の構成

ればなんらかの代替手段が存在するからである。

既存図面の情報をベクトル情報やコード情報へ変換する手段として，従来から次の 2 つの方法が用いられてきた。

- デジタイザによる方法
- CAD システムを利用する方法

デジタイザとは，既存の図面から X-Y 座標を読み取る装置であり，デジタイザによる方法とは人間（オペレータ）が図面上の特定の点を指示することにより，デジタイザが X-Y 座標を計測してコンピュータに入力する方法である。コード情報や接続情報などは，人間の判断を介してキーボードなどから入力する。この方法はどのような図面でも目的とする情報形式へ変換できるという柔軟性はあるが，人手がかかるという欠点がある。

また，CAD システムを利用する方法は，既存の図面の内容を人間が理解し，CAD システムによりもう一度情報入力する（すなわち図面を描き直す）方法である。一見，無駄の多い方法にみえるが，類似パターンの多い図面の入力には有効である。しかし，この方法も人手のかかる方法である。

既存図面の情報を，ベクトル情報やコード情報などコンピュータで処理が容易な情報へ変換でき，かつ人間の操作工数を大幅に減らそうとするのが図面自動読取り装置である。図面自動読取り装置には多くの種類があるが，一般には**図 1** に示すような構成になっている。

既存図面はスキャナとよばれる光電変換の装置により，まずラスター情報に展開される。このときのスキャナの分解能は 200dpi（dots per inch）から 1,000dpi 程度である。ラスター情報の段階で青焼き図面や汚れた図面に対処するため，まず画質改善処理を行ったうえで，実際のベクトル化処理を行う。ベクトル化の処理は輪郭線ベクトル（boundary vector）を求めてから中心線ベクトル（center-line vector）を求める方法と，細線化（thinning または peeling）処理により直接中心線を求める方法とがある。ベクトル化処理の出力段階では図形要素の他に文字やシンボルも含めてすべて断片的なベクトルの集合となっている。認識処理部では，これらの断片的なベクトル情報をもとに，図形は連続したベクトルに変換し，文字やシンボルはコード情報に変換する。ただし，文字やシンボルの認識は図形と文字，シンボルの分離が行われていることが条件となる。図形，文字，シンボルの分離は図面理解と表裏一体の関係にあり，一般には図面の意味が理解されていないと分離ができない。**図 2** は図形情報と文字やシンボル情報が重畳した図面の例であるが，このような図面では図形やシンボルの意味を理解することによって，文字の分離が可能となる。ここで，図面理解とは，図面の中の図形の意味や接続関係などの構造を理解するプロセスをいい，言わば高度な認識ともいうべきものである。このような情報処理は人間には容易であるが，コンピュータにとっては容易ではなく，現状の技術では図面を特定するか人間の理解能力で補ってやる必要がある。これを行う具体的な手段については後述する。

図 2　重畳した図面の例

技術の現状

図面自動読取り装置の中心技術である「図面の認識と理解」については本誌 88 年 7 月号に特集されているので，ここでは実用レベルの技術の現状を要約する。

ベクトル化の技術については実用レベルに達しているといえよう。ベクトル化の手法としては，次の 3 つの手法がある。

- 線追跡法
- 細線化法（芯線化法）
- 輪郭線法

これらの手法のどれが良いということはなく，システムの構成条件によって選択されている。一般に，線追跡法は対話型の入力システムに向き，細線化法は専用ハードウエア化に適して

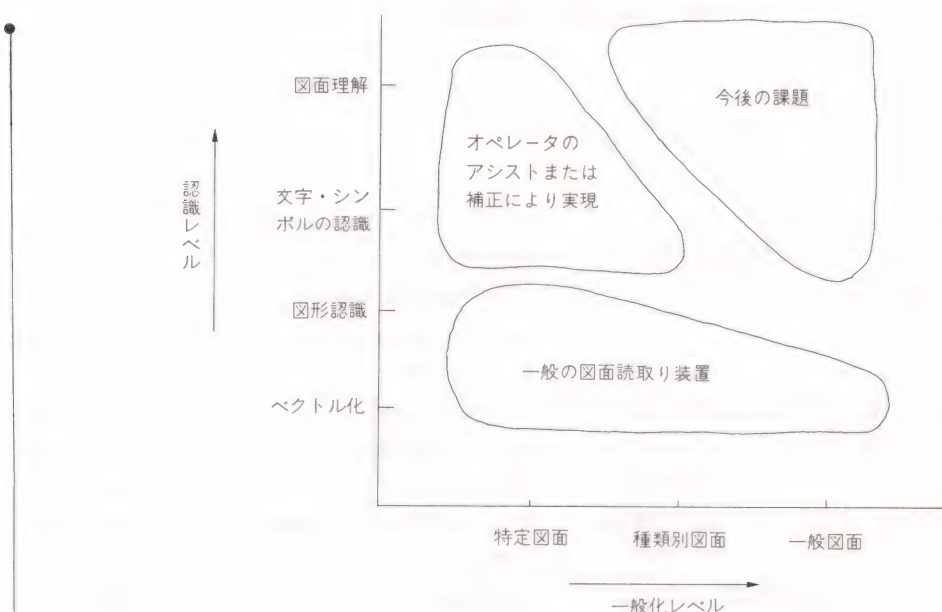
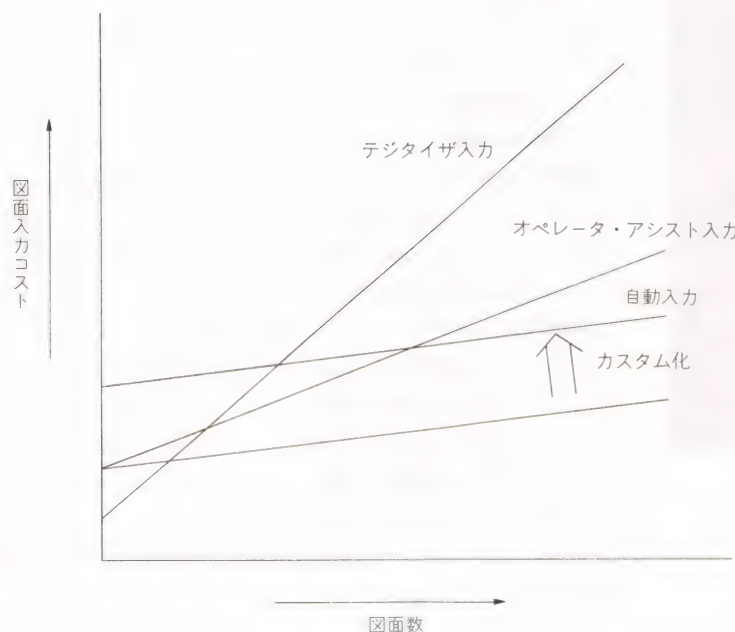



図 3　図面認識・理解技術の現状

◀図 4　図面読取りのカスタム化

いるといわれている。これら3つの手法のうちのどれか1つを用いているものが多いが，2つの手法を併用することにより効果を上げているシステムもある。画質の改善に関しては，スキャナの価格条件さえ許せば良質の青焼き図面を入力できる程度の技術が確立されている。

次に，認識処理については図形の認識機能を中心に実用化されており，線分，多角形，円などの図形要素を認識できるようになっている。文字や任意のシンボルを自動認識することは，図形との分離の問題もあり一般には実用化されていない。また，一般図面に対する図面自動理解の技術も実用化のレベルには達していない。シンボルや図形の意味，構造情報を収集する現在の技術は「特解」を求めることである。すなわち，図面を限定すれば，図形の性質や構造の特異点を抽出することによって，意味情報や構造情報を求めることが可能となる。例えば，大縮尺の地図に限定すれば，次の図形の性質を利用して家屋情報を抽出することが可能となる。

①図形の長さがXmm 以上Ymm 以下で構成されている
②各図形要素が90°±Z°の範囲で折れ曲がっている
③円弧成分がない

同様にシンボルについても，図形の特徴抽出やパターン・マッチの手法により図面を限定すればある程度抽出可能である。いずれにしても，100%の認識・理解率を得ることはできない。そこで認識過程に対話処理プロセスを設け，人間(オペレータ)がなんらかのアシストを行うか，認識が不十分な部分を後でオペレータが編集し直す必要がある。このように人間が介入する方式でも，すべてを人手で入力するよりは工数が少なくなることが多い。

文字認識についても，一般の図面にでてくる文字は字の方向も字の間隔もさまざまであるため，文字列の切り出しが容易ではない。そこで，文字認識についても，図面を特定して寸法線だけを読むとか，文字列をオペレータが指示するなどの方法により行う。

以上の技術をまとめると**図3**のようになる。認識レベルの高い領域における図面処理の一般化が今後の課題である。また，特定図面や種類別図面を対象とした認識レベルの高い処理を自動的に行うためには，認識プログラムのカスタム化が必要である。

例えば，電話施設の図面を認識し接続関係を理解して構造化されたデータを生成するためには，電柱やケーブルなどの特徴を抽出し，接続関係を対応付けるためのプログラム開発が必要となる。このため，**図4**に示すように，ある程度の図面枚数(通常，数千枚～数万枚) をコンピュータに読み取らせる場合でないとコスト的に見合わないこととなる。したがって，図面枚数がそれほど多くない場合にはオペレータのアシストによる入力の方が経済的に見合う。

製品化の状況

図面自動読取り装置は，世界的には50社以上で製品化されており，日本においても20社程度で製品化されている。これらの製品は次の3つのカテゴリに分類される。

①自動認識のレベル向上をあまり追求せず，読取り装置の機能をベクトル化または図形の認識までとした製品群
②ある程度のオペレータのアシストを前提として，高度なレベルまでの認識を行おうとする製品群
③スキャナにより読み取ったラスター・データをすべてベクトル化するのではなく，ラスター・データのままでも扱えるようにした製品群

現在市販されているそれぞれの図面自動読取り装置について，どのカテゴリに属するかの分類は容易ではないが，大多数の図面自動読取り装置が①に属していると考えられる。②や③に属するものは世界的にみても数少ない。ただし，①～③のいずれのカテゴリのものが工業製品として優れているということではなく，要は工業製品としての考え方の相違であり，ユーザーはその考え方に沿った使い方をすればよい。

筆者の見方では，①の代表例として「オートベクタライザステーション 4991」が，②の代表例として「INS-CHASER」が，③の代表例として「CADIX システム」が，それぞれ該当しているように思われる。

今後の動向

ここ数年の間に図面自動読取り装置は，研究段階から実用化段階へと展開してきた。現在は，ユーザー側の期待と製品の機能や性能に若干のギャップがあるが，ユーザー側の利用技術の向上と製品の改良により徐々にそのギャップは埋められるものと考えられる。

今後の研究開発の動向として，認識レベルの高度化と扱う図面の一般化がある。すなわち，図面理解レベルにおいても特定の図面に限定したアプローチとするのではなく，一般図面に対して同一の手法でアプローチできるようにすることである。この一般化の手法に役立つ技術は，いわゆる AI(Artificial Intelligence)技術のカテゴリにある。図面理解のための知識をフレームとルールベースで記述することにより，前述のカスタム化の工数は大幅に削減するものと思われる。すでに，研究室レベルでは AI ベースの図面認識，理解システムが試作されている段階にある。

製品化の動向としては，これらの研究開発動向を製品レベルへ具現化することの他に，ワークステーション化と専用ハードウエア化の動きがある。これは従来，汎用コンピュータで行っていた認識・理解の処理をワークステーションで実行可能にするもので，これによりマン・マシン・インタフェースの向上が図れる。これに関連して，ワークステーションの処理の性能向上を図るための認識処理専用ハードウエアも進展するものと思われる。

これらの改良により，図面自動読取り装置は機能・性能的にも価格的にも向上する。しかし，図面自動読取り装置の利用にあたって重要なことは，市販されている機器やソフトウエアを購入するだけではなく，ベンダーとジョイントして利用方法を広げていくことにあると考えている。

特集2　図面読取りシステムとその機能

最新の図面読取りシステム

製品ガイド

ここでは，現在製品として販売されている最新の図面読取りシステムを紹介する。図面の入力には，ハンドデジタイザを用いてデータを手入力する方法と，機械によってデータ入力する方法がある。機械による入力としては，オートデジタイザとスキャナが利用できるが，今回の特集ではデータをラスター・データからベクター・データに変換しない単なるスキャナは，調査の対象としていない。この他にも3～4社ほどシステムを扱っているベンダーがあるが，今回の調査ではベンダー側の都合により掲載がかなわなかった。

ベクターの構造化が可能な追跡方式を用いた半自動入力システム

INS-CHASER

INSエンジニアリング

INS-CHASER

特　徴

スキャナより入力された画面のラスター・データを画面上に表示し，オペレータが指示した図形のみを対話型にベクター化するシステム。

線追跡方式による自動ベクター化機能の他に豊富なCADコマンドを用意している。

(1)　図形の構造化が可能

図形をベクター化しながら，レイヤー分け，図形名称の付与，IDコードの付与などができる。

(2)　余分な修正作業が不要

オペレータが対話方式によって必要な図形だけをベクター化するので，自動入力方式で必要とする余分なベクターの削除などの修正作業が不要である。

(3)　原図面とのチェックが簡単

ベクター化した図形とラスター・データとを別の色で重畳表示するので，原図面とのチェックがその場で簡単にできる。このため，誤入力による修正作業がほとんど不要である。

(4)　指示点数が大幅に減少

複雑な折れ線や曲線などでも，1点指示や3点指示(範囲指定時)を与えるだけで自動的にベクター化されるため，デジタイザ方式に比べて指示点数が大幅に減少する。

(5)　入力精度が向上

指示点を最も近い線上の中心や，交点・頂点・端点などの中心に自動補正するため，誤差が生じない。

(6)　操作性に優れている

A0判の図面でも，タブレットとキーボードだけで入力指示ができるので，操作が簡単である。

主な用途・分野

- 一般地形図
- 都市計画図
- 道路台帳
- 住宅地図
- 地籍図
- 線路設計図
- その他，多方面に利用可能

ベクトル化処理

線分，折れ線，曲線(折れ線近似)，多角形，閉曲線，円，円弧などの追跡可能。輪郭線追跡，サイド追跡も可能。

手動では，点，シンボル，文字列，矢印なども可能。

認識処理

半自動による認識は，線分，折れ線，曲線，多角形，閉曲線，円，円弧，長方形が可能。

認識のためのアルゴリズム

スキャナより入力された図面のラスター・データを画面上に表示し，オペレータが指示した図形をベクター化する。

(1)　指示点(オペレータが指示した点)を中心とするある領域のラスター・データを切り出し，輪郭線ベクターを求める。その中から適したペア・ベクターを見つけ出し，芯線ベクターを得て追跡方向を決定する。

(2)　指示コマンド種別に対応した追跡方法に従い，追跡ベクター化を行う。

(3)　例えば，折れ線追跡では(1)で求めた芯線ベクター($Y=aX+b$)をもとに，Xを変化させYの値がラスター上に存在するか否かを調べる。存在しない場合は特徴点(角点，端点など)とみなし，次の追跡方向を探す。

編集機能

- 一般のCADコマンドは，豊富に装備
- UNDO機能
- 線上点補正，直角補正，ベクター反転などの機能
- 図形中の構成点追加，削除，移動機能
- 図形のレイヤー間移動機能
- シンボルの図形分解機能
- 他図面引用機能

●その他，移動，複写，トリミング機能など

スキャナ方式と解像度

フラットベッド型，用紙搬送型／400dpi，200dpi 各切替え可能。

読取り画面サイズ

最大 A0 サイズ

処理時間

A1 サイズで 8 時間程度(住宅地図，注記を除く，レイヤー分けなどの構造化ベクター作成)，A2 サイズ相当で 8 時間程度(道路上設備図，道路・注記・設備シンボル・管路などすべての構造化ベクター作成)。

インタフェース

INS-SPACER, NTT フォーマットなど各種インタフェース作成可能。

標準構成価格と構成

価格は構成により異なる。(G-250C，FACOM M シリーズ，DIPS シリーズ/A1 スキャナ，A0 スキャナ／静電プロッタ，ペンプロッタ/GWS)

出荷実績／発表年月

3 システム／1987 年 4 月

開発会社

日本電信電話㈱

問合せ先

〒102　東京都千代田区麹町 1-6-2
営業本部第一営業部　☎03(239)2011

プロッタ兼用型図面入力システム

K-SCAN 128

兼松コンピューターシステム

特　徴

K-SCAN128 は，米国 Houston Instrument 社の開発によるプロッタ兼用型図面入力システムである。プロッタのペンホルダーにセンサーを取り付けるだけでスキャナに変わる。後はプロッタに図面をセットするだけで図面の読取りができる。センサーの 1 ラインの読取り幅は約 15mm で，キーボードにより読取り領域を任意に指定できる。ホスト・コンピュータは IBM PC/AT またはその互換機を使用。システム構成は以下の通りである。

●プロッタ DMP 50，60 シリーズ
●センサー，インタフェース・ボード
●ホスト・コンピュータ
●図面入力用ソフトウエア
●ラスター編集用ソフトウエア
●ベクター変換ソフトウエア

主な用途・分野

●建築分野：設備設計のための軀体図入力，各種シンボルの登録
●ラスター・イメージの保存

ベクトル化処理

細線化

認識処理

直線の認識が可能。英数字，漢字，シンボル認識，多色認識などは対応不可。

認識のためのアルゴリズム

——

編集機能

●ラスター編集機能：図面入力後ノイズ除去，図面の修正をドット単位で行える他，マニュアルでベクター化ができる。
●ベクター編集機能：ベクター化終了後，円弧曲線への変換，および文字入力ができる。

スキャナ方式と解像度

プロッタによるペーパームービング型／200dpi，300dpi，400dpi から選択。

読取り画面サイズ

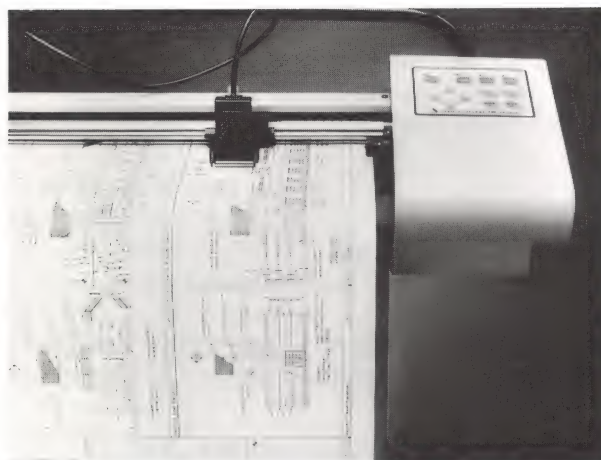
プロッタの機種により最大 A0 もしくは A1

処理時間

A1 サイズで約 2 時間

インタフェース

図面ファイルの型式が DXF フォーマットのため，これが読み込める CAD システムであれば接続可能。

標準構成価格と構成

約 300 万円(プロッタ，スキャナセンサー，ソフトウエア)ホスト・コンピュータは含まない。

出荷実績／発表年月

20 システム／1987 年 4 月

開発会社

Houston Instrument(米国)

問合せ先

〒104　東京都中央区湊 3-3-2
システム営業部営業第二課　☎03(297)0615

K-SCAN128

高速ベクトル化プロセッサ

KS-KL システム

倉敷紡績

特　徴

KS/KL システムは，B4～A1 サイズの紙上に描かれた自由図形をイメージ・スキャナで読み取り，その図形の輪郭または中心線を高速で直線と円弧の近似データに変換するシステムである。変換されたデータは，各種 CAD/CAM データや NC データとして出力することができる。すべての処理はパーソナルコンピュータ上で行われるため，低価格で

KS-KL システム

システムを構築することが可能である。
- 対応パーソナルコンピュータ：NEC PC-9800シリーズ，松下電器 Panacom M シリーズ，富士通 FMR シリーズ，IBM PC/AT（互換機）

主な用途・分野

印刷，看板，レーザー加工，ウォータージェット，彫刻，ワイヤーカット，NC 工作機械，CAD への入力

ベクトル化処理

輪郭抽出機能（閉図形，枠内抽出，連続抽出）
線図抽出機能（細線処理，線図抽出，輪郭線処理）

認識処理

文字認識，シンボル認識などは一切処理しない。

認識のためのアルゴリズム

——

編集機能

手動抽出（ラバーバンド表示），修正，削除

スキャナ方式と解像度

A1 サイズ，原稿移動型／200dpi
A3 サイズ，原稿固定型／400dpi
B4 サイズ，原稿固定型／200dpi

読取り画面サイズ

最大 A1 サイズ

処理時間

A1 サイズで約 15 分（線図抽出処理）
A3 サイズで約 3 分（輪郭抽出処理）

インタフェース

接続可能な CAD：AutoCAD，CADPAC-SPS，PC-CAD，SP-CAD，PRICAD，MYPAC-MOLD，KS-CAD

標準構成価格と構成

150 万～800 万円（スキャナ，専用インタフェース・ボード，増設メモリ，ソフトウエア）

出荷実績／発表年月

約 300 システム／1986 年 11 月

開発会社

倉敷紡績㈱

問合せ先

〠572　大阪府寝屋川市下木田町 14-5
電子機器開発部　☎0720(20)4503

読取りとベクタリゼーションの同時処理を実現した高精度・高速・高性能スキャナ

PENTAX E-SCANNER model ES 4300

旭光学工業

特　徴

- 図形および線分の読取りとベクタリゼーションの同時処理を実現。
- 400 ドット／インチの解像度により，高品質を保証。
- 図形のエッジ認識，線分の中心線認識の選択機能。
- A3 サイズの読取りのベクタリゼーション・タイムを 6 分以内で実行する高速処理。
- スキャナ部分とコントローラ部分を一体化。
- 圧倒的な高性能の実現により，複雑な CAD データ入力の面倒さから解放すると同時に，CAD 運用コストの大幅な削減が可能。
- 標準的なシリアル・インタフェースにより，簡単にベクター・データの転送が可能。
- 図形の読取り処理は自動で行われ，編集機能はホストのアプリケーションで実施される。

主な用途・分野

- デザイナーによりデザインされた図形の読取りと，CAD のデータ化。
- デザイン文字，任意図形などの複雑な図形の読取り。
- 電気製品などの操作パネルのようなもののデザイン入力。

ベクトル化処理

アウトライン（エッジ認識），芯線化，孤立点除去などのノイズ除去。

認識処理

認識の処理は組み込んでいない。

認識のためのアルゴリズム

——

編集機能

編集はデータ入力されたアプリケーション・ソフト側で実施。

スキャナ方式と解像度

フラットベッド型／400dpi

読取り画面サイズ

最大 A3 サイズ

処理時間

A3 サイズで 3 分（中心線認識の処理，要素数；約 4,500 ライン）

インタフェース

RS-232C のシリアル・インタフェースをサポートしているシステムであれば可。MICRO CADAM，AutoCAD は，インタフェース・ソフトがある。他 CAD との接続実績は多数あり。

E-SCANNER

標準構成価格と構成

標準構成価格：本体 300 万円（本体にスキャナ部，コントローラ部，ベクタリゼーション・ソフトウエアが組み込まれている），各インタフェース・ソフトは約 30 万円より。

出荷実績／発表年月

30 システム／1987 年 12 月

開発会社

旭光学工業㈱

問合せ先

〠174　東京都板橋区前野町 2-36-9
システム機器事業部　第二営業部第四営業課
☎03(960)5152

ソフトウエアで処理を行う高速図面自動入力システム

SCAN GRAPHICS SYSTEM

エリック

特　徴

SCAN GRAPHICS SYSTEM は，スキャナより読み取ったイメージ・データをソフトウエアによりベクター・データへ変換する特定のハードウエアにとらわれないシステムである。以下にその特徴を示す。

(1)　ベクター・データへの変換をすべてソフトウエアで処理しているため，ユーザーの運用状況に合わせて IBM，VAX などホスト・コンピュータを自由に選択可能。また，スキャナ，プロッタなど周辺機器についても任意のハードウエアが利用可能。

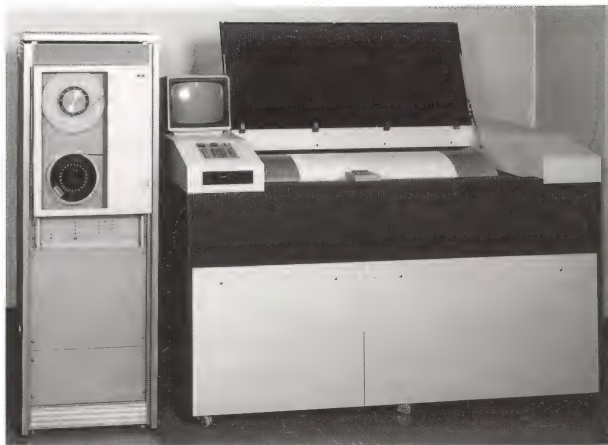
(2)　ベクター化の方式として芯線化方式を採用しており，
- 高精度なベクター・データの生成
- データ圧縮機能により高速なベクター化
- 任意の線幅認識

などの特徴をもつ。

(3)　各種の自動処理機能を備えており，パラメータの設定により，
- 原図面の線のかすれを認識し，1 本のベクターとしての補正・生成
- 原図面中の汚れなどを認識し，自動的に除去
- わずかな折れ線を認識し，自動的に 1 本の直線ベクターを生成
- 英数字，登録済みシンボルに関して，方向・大きさにとらわれない自動認識
- 円・円弧の自動認識

などが可能である。

(4)　データ構造として最大 64 レイヤーの階層構造をとっており，異なる属性データをそれぞれのレイヤーに登録，管理している。

(5)　対話編集機能として，入力されたベクタ

SCAN GRAPHICS SYSTEM

ー・データの対話形式による修正，文字列認識，座標変換などの機能を有する。

(6) ベクター化，編集処理後のデータは，IGES，CADAMなど任意のフォーマットによる出力が可能。

主な用途・分野

- マッピング：等高線図，都市計画図，白地図などの入力
- プラント設計：既存図面のデータベース化，構想図面入力
- 配電，配管設計：配電図，配管図の入力
- 機械設計：初期設計図面入力

ベクトル化処理

芯線化，折れ線近似，ノイズ除去

認識処理

英数字認識，任意に登録されたシンボル認識，円・円弧認識，線幅認識，カラースキャナにより読み取ったデータに対しての多色認識，ポリゴン・ポリライン認識などについて自動認識が可能。漢字，手書き文字認識はまだ対応不可。

認識のためのアルゴリズム

英数字，シンボル認識については，輪郭線ベクター状態でパターン認識。

線幅認識については，輪郭線ベクター状態での線幅をパラメータの指定により認識。線幅の属性を備えた芯線化ベクターを生成。多色認識については，RGBおよび濃淡の256階調による組合せで判別。

編集機能

- オペレータの指定による複数の消去モード
- 大きさ，間隔などが指定可能な英数字の挿入
- 点，図形，指定領域の移動
- 直線，図面，シンボルなどの挿入モード
- ファイルのコピー
- 図形の回転および図面の回転
- 最大64レイヤー内の任意のレイヤーにデータを格納

スキャナ方式と解像度

ドラム型／1,000dpi，500dpi，リニア型／400dpi（その他，手持ちのスキャナの利用も可能）

読取り画面サイズ

最大A0サイズ

処理時間

A0サイズで60分／ドラム型500dpi
A0サイズで2分／リニア型400dpi

インタフェース

CADAM，ICAD，INTERGRAPH，IGES，その他独自のインタフェースを備えたシステム。

標準構成価格と構成

- ソフトウエア価格：約800万～3,000万円（ミニコン～汎用機）
- ハードウエア価格：スキャナ，ホスト・コンピュータ，ディスプレイ，デジタイザ，プロッタなど，ユーザーの用途に合わせて最適なハードウエアを適正価格で提供。

出荷実績／発表年月

1システム／1986年1月

開発会社

Scan Graphic Systems, Inc.（米国）

問合せ先

〒103 東京都中央区日本橋茅場町2-7-10
営業部 ☎03(668)8866

各種図面対応の高度な認識機能を備えた
超高速自動図面読取りシステム

オートデジタイザーシステムAD4001

キャディックス

特　徴

CADIXオートデジタイザーシステム AD4001は，ファームウエア化された独自のスーパー・イメージプロセッサを中心にシステムアップされた画期的な自動図面読取り装置で，手書き図面をはじめ印刷物，フィルム，コピーなどを最大A0サイズ，最高1,000dpiという高精度で読み取ることが可能である。読み取られたラスター・データを10,000ベクター／分以上でベクター化後，各アプリケーションに対応した補正，清書，認識処理を行い，対象となるCADシステムへの入力フォーマットに変換して出力する。

システムの大きな特徴として，各ユーザーの利用環境に合わせたシステム作り，カスタム化があげられる。これは客先業務分析から始まり，既存システムを含めた設計効率，運用効率の大幅なアップが実現できるように，CADIXの技術である図面のベクター化，ファイリング，AI応用の多くの認識機能群，ラスターCAD，ラスター／ベクター統合データベース，ネットワーク，通信を組み合わせたシステムを構築している。

例えば，地図大量処理システムを事例としてあげると，24時間無人ベクター化機能，図面固有の記載ルールを組み込んだ手書きシンボル，文字認識機能，編集メニューの日本語化，4台のワークステーションS-21で工程別チェックによる流れ作業化などによって，オペレーション教育不要の大量処理システムを構築している。

主な用途・分野

主に，電子・電気設計，機械機構設計，プラント／エンジニアリング設計，マッピング関連，意匠デザインなど図面を対象としてい

AD4001

るあらゆる産業分野があげられる。

マッピングにおける事例を簡単にまとめて紹介すると，約5万枚の手書き地図を対象とし，CADIX システムで1日当たり100枚以上の地図データ処理をこなして階層的データベースを構築しており，手入力に比較して5億円もの経費削減を実現している。

ベクトル化処理

さまざまな図面を処理するための機能としては，細線化，輪郭線抽出，パラメトリックなベクター化，パラメトリック・ノイズ除去，カスレ線などのパラメトリック自動接続，回転，伸縮機能，混在グリッド処理などが用意されている。

認識処理

シンボル，特殊記号認識，円，円弧認識，線幅識別，手書き英数字認識，部品配置図，シルク図認識を用意しており，各ユーザーごとにカスタム化した結果，認識率の99.9%以上の達成を実現している。

認識のためのアルゴリズム

認識機能の基本的な考え方としては，図面・シンボル・文字などの特徴点抽出法とパターンマッチング法をベースとして作られている。高い認識率の達成と，誤認識を防ぐため図面固有の記載ルール・個人個人の書き方のくせを辞書登録など知識データベースに学習させ，高信頼度の認識機能としてリリースしている。

編集機能

スキャナで読み込まれたラスター・データに対して，図面の汚れやカスレを編集するラスターCAD機能があり，自由に書いたり消去したりすることができる。また，ベクター化後のデータに対してもベクター・エディット機能で図形処理が簡単に行える。ワークステーションS-21で行うラスター／ベクター統合データベースにより機能はさらに拡大する。

スキャナ方式と解像度

ドラムスキャナ／最大1,000dpi

リニアスキャナ／最大400dpi

読取り画面サイズ

最大幅A0サイズ，長さは数メートル

処理時間

A1サイズで15分程度

インタフェース

CADAM, GERBER, IBM, CALCOMP, CV, CALMA, HITACHI, CREATE, INTERGRAPH, IGES, ICAD

標準構成価格と構成

基本システム4,800万円(A1サイズ・リニアスキャナ，スーパー・イメージプロセッサ，オートローディングMT装置，システムコントローラ，ベクター化基本ソフトウエア一式)

出荷実績／発表年月

84システム／1983年7月

開発会社

㈱キャディックス

問合せ先

〒154　東京都世田谷区桜新町1-12-10

営業本部営業1課　☎03(427)0401

図面入力システム

ARVECS(ISEE 850)

グラフィカ

特　徴

- 最大A0サイズ　●多色認識可能
- 鉛筆，ペン，手書きの制限なし
- 用紙(一般紙，格子付用紙，青焼き，フィルム)へ対応可能
- エリア認識(ハッチング，塗りつぶし)可能
- シンボル(形状データ)認識可能
- エリアのスムージング，整形化可能
- PCB用特別機能あり(デジタル／アナログ／混在対応可，単層／多層／内層，層間対応可，シンボルの配置チェック，クリアランス・チェック，NET照合)
- 各種CADデータ・フォーマット対応可
- GERBERフォーマット・データなどのCAMデータ出力可(MT出力およびオンライン出力)
- スキャナの入力分解能は設定可(25，50，100，200，500，1,000μm)

主な用途・分野

プリント基板パターン図およびフィルム読取りからCADデータ化まで。測量図面その他，各種図面のベクター化。

ベクトル化処理

細線化，孤立点除去，芯線化，直線近似化，円弧のスプライン近似化も可能。

認識処理

多色認識，シンボル認識，線幅認識，英数字認識，塗りつぶし(ハッチング)認識が可能。漢字認識，手書き英数字認識は未対応。

認識のためのアルゴリズム

処理手順(PCB図面の場合)

- 入力
- 前処理(アフィン変換など)
- パラメータ解析および計画
- シンボル認識
- 塗りつぶしエリア処理
- 結線認識(シンボル間)
- エリア処理
- コネクタ処理
- 結線認識(シンボルーコネクタ間)
- エリア間の関係付け
- シンボル配置
- 結線の自動修正
- エリア修正

編集機能

- 新規図形の作成
- 図形の削除
- 図形の修正
- 文字の作成・属性変更
- シンボル作成，スケール変更
- その他

スキャナ方式と解像度

ドラム型／40ライン/mm

読取り画面サイズ

A0サイズ

処理時間

A0サイズで約1時間(PCBパターン手描き図)

インタフェース

GERBER，その他各種対応可能

標準構成価格と構成

2,500万円(A0判スキャナ，編集用グラフィック・ワークステーション，MT，ソフトウエア)

出荷実績／発表年月

6システム／1988年10月

開発会社

㈱グラフィカ

問合せ先

〒206　東京都多摩市永山6-21-6

営業部営業第三課　☎0423(73)6111

ARVECS

地図自動入力・編集システム
WIT/MAP

社会調査研究所

システム機器構成例

特　徴

図面入力システムの理想形は汎用的な完全自動入力であるが，現実的には不可能に近いと思われる。そこで，「図面入力に費やされるトータルコストの低下」という観点から，対象図面に合わせた認識・理解処理や人間のもつ高度な判断を積極的に介在させることが必要であると考えている。その特徴を以下にあげる。

(1)　柔軟なソフトウエア・ベースのシステム

図面に合わせた認識処理などシステムの拡張・改変を容易に行うことができ，システム構築上のコスト低下を図っている。また，可搬性に優れたC言語で記述されているため，ホスト・コンピュータやスキャナなどのハードウエア環境もユーザーの要求に合わせて自由に構成でき，またすでに保有しているシステムへの移植も可能である。

(2)　高速なベクター化処理・認識処理

ベクター化処理には，輪郭線抽出・芯線化方式を採用し，認識処理も輪郭線をベースに行っている。さらに，これらの処理をソフトウエアでも高速に行えるよう，データ管理構造を工夫(BD木を採用)している。

(3)　効率的な半自動修正機能

自動入力処理過程で発生するエラーを自動的に発見し，その修正案とともにオペレータに提示するなどの半自動処理機能により，全自動処理よりも確実な，そして結果的に作業効率の良い図面入力を実現している。

(4)　原図面データの重畳表示

対話処理時には，入力結果データに加え，ラスター・データあるいは輪郭線データを同時表示することができ，原図面に忠実な編集処理を可能にしている。

主な用途・分野

〈地形図〉

- 大縮尺地図：家屋，道路(トレース図)
- 中縮尺地図：等高線，道路，鉄道，建物など

〈主題地図〉

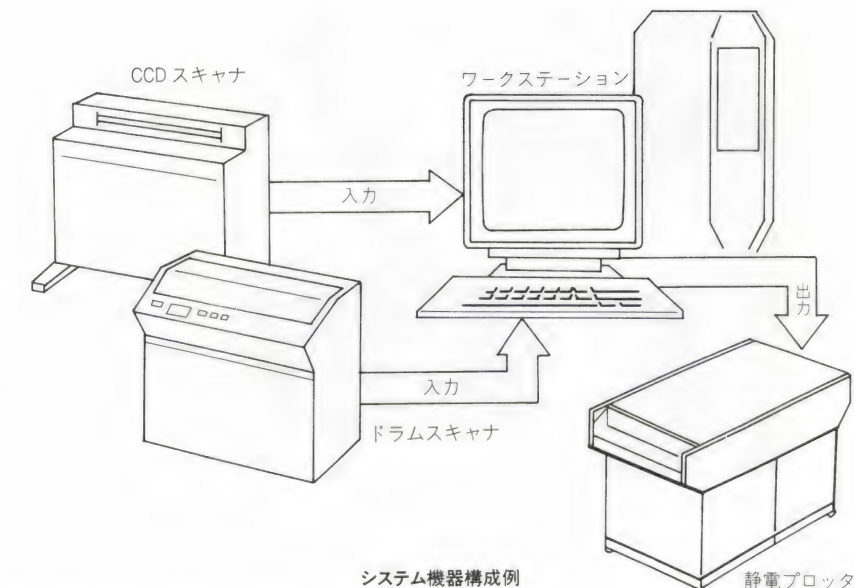
- 土地利用図などのポリゴン図

(その他ベクター化のみであれば任意の図面が可能)

ベクトル化処理

ランレングス・データからの輪郭線抽出，芯線化，ノイズ除去(孤立点除去，穴埋め)，図面に合わせた接触・交差部処理

認識処理

英数字・記号認識(重畳記号は不可)，線幅認識，線種(破線・鎖線など)認識，多色認識，平行線認識，塗りつぶし認識，ポリゴン認識などが可能。円・円弧，漢字は不可。

認識のためのアルゴリズム

WIT/MAPではすべての認識処理を輪郭線をベースに行っている。まず，孤立成分と連続成分の分離を，輪郭線の大きさ(外接長方形)により判断して行う。孤立成分には文字・記号や破線・鎖線が，連続成分には線で書かれた図形が含まれる。

文字・記号については，標準的な輪郭線パターンとのマッチング処理を行うことにより認識される。破線・鎖線については，その要素と思われる細い図形を追跡することにより認識される。連続成分については，対象ごとに知識ベースを参照することにより認識される。例えば，平行線認識は平行線の内側には輪郭線のペアが存在することに注目し，これを追跡することにより行われる。

編集機能

- 点や線の追加・削除・移動
- 線の間引き，スプライン補間，直角補正
- 幾何補正
- エラー箇所・修正案の自動提示
- エラーチェック機能
- 意味・属性の入力，変更，チェック
- 図面に合わせた機能

スキャナ方式と解像度

スキャナに依存(通常の地図入力は300～500dpiの解像度が必要)

読取り画面サイズ

スキャナに依存

処理時間

- 1/2,500地形図(A0サイズ，サンプリングピッチ50μm，CPU約4MIPS)，約20分
- 地籍図(A2サイズ，サンプリングピッチ100μm，CPU約4MIPS)，約10分

インタフェース

- IGES
- WIT/MAP標準フォーマット
- その他，オーダーメード

標準構成価格と構成

WIT/MAP　標準ソフトウエアのみで300万円(ハードウエアの稼働実績は，Apollo，DEC，HP，日立のEWS。)

出荷実績／発表年月

12システム／1987年1月

開発会社

㈱社会調査研究所

問合せ先

〠188　東京都田無市谷戸町2-14-11
地域情報システム部　☎0424(23)1111

低価格でコンパクトな高性能図面
自動入力システム
NSXPRES 5000

新日本製鐵

特　徴

NSXPRES(エヌエスエクスプレス)5000は，低価格かつコンパクトな高性能図面自動入力システムである。スキャナ，パターン認識モジュール，ワークステーションから構成されたシステムで，CAD用図面の自動入力あるいは図面の電子ファイリング・データベース化などに威力を発揮する。以下に主な特徴を述べる。

- 低価格でコンパクトなシステム：標準価格1,590万円。
- 高速CADデータ化：一般に長時間を要する手書き図面(ラスター・データ)を，独自のアルゴリズムと専用プロセッサ(32ビットCPUを標準4個，最大8個で並列処理)

NSXPRES 5000

とで高速にベクター・データ化し，対話型編集処理を実現。
- 高いデータ圧縮率：5インチ・フロッピでA1図面20〜30枚の保管が可能。
- 操作性に優れた編集用CAD：マウスによるメニュー選択。ベクター／ラスター重ね合せ機能により図面の確認・作成・編集作業が容易。多彩な編集機能，一括補正・図形修正・図形変換・シンボル編集・文字編集(日本語可)などの他，削除・複写・移動・レイヤー管理なども可能。
- 分散・並列編集が可能なため，ワークステーションの追加のみ(安価な投資)で処理能力が大幅に向上。
- 各種CADへの豊富なインタフェース：IGES, CADAM, MICRO CADAM, AutoCAD, INTERGRAPHなど。
- Ethernetでネットワークを組むことにより，ホストCPU，EWS，PC間でのデータ転送が可能。
- CAD入力時間の大幅な短縮：対CADAM入力時間が1/2〜1/5(当社実績)

主な用途・分野
- 建築設備用背景図分野(主なユーザー：東伸工業・大成温調・ハマテックなど)
- マッピング分野(主なユーザー：三英技研・八洲設計など)
- 機械・プラント分野(主なユーザー：当社君津製鐵所・大分設備設計など)
- 電気・電子分野(主なユーザー：当社君津製鐵所など)
- CAD入力請負業(主なユーザー：システムズえひめ，エスアールデーなど)

ベクトル化処理
- ストラクチャ法：輪郭線抽出による芯線化に近い独自アルゴリズム。建築図・機械図などの直線の多い図面に適用。
- ピーリング法：細線化に近い独自アルゴリズム。地図・イラストなどの自由曲線の多い図面に適用。

認識処理
- 認識可能：英数文字列，円・円弧，線種(8種)，線幅(4種)，シンボル，矢印認識など
- 認識不可：日本語(かな・漢字)，英文字のうちの筆記体・小文字

認識のためのアルゴリズム
- 文字認識：ベクター化データの構造解析＋ルールベースに基づく認識ツリーを採用。
- 円・円弧：ベクター化データの構造解析手法による。
- 線種：同上
- 線幅：ストラクチャ法のみ。輪郭線データの線幅抽出。
- シンボル認識，矢印認識：ベクター化データの構造解析によるシンボル抽出。ルールベースに基づくAIシンボル認識を採用。

編集機能
- 一括補正(歪み補正，図面の傾き補正，線分の一括水平・垂直化かつ接続，線分間距離補正など)
- ラスター／ベクター重ね合せ(ラスターを背景にベクターの作図・編集が可能)
- その他，図形修正・図形変換・シンボル編集・文字編集(日本語可)の他，削除・複写・移動・レイヤー管理なども可能。

スキャナ方式と解像度
- 標準：メディアフィード型(A1)／400dpi
- オプション：メディアフィード型(A0)／200dpiと400dpi切替え

読取り画面サイズ

最大A1サイズ(オプション・スキャナでA0サイズ可)

処理時間

A1サイズ標準図面(RMのCPU数8個)：ストラクチャ法で2分30秒，ピーリング法で7分30秒

インタフェース

IGES, AutoCAD, CAD STATION, CAD SUPER, CADAM, MICRO CADAM, U/KIT, CMM-75, CADEWA, SPACE PLANNER, INTERGRAPH, CONPURTERGRAPH

標準構成価格と構成

標準構成価格：1,590万円

標準構成：イメージスキャナ(A1サイズ，400dpi)，パターン認識モジュール(RM)，(4CPU, 8MBRAM, 2フィルタ)，NEC 98XL Model 4(14インチCRT，キーボード，マウス)，各ソフトウエア(RMMGR, DCAD, IGES)

出荷実績／発表年月

25システム／1987年3月(正式販売1987年11月)

開発会社

GTX Corp.(米国)

問合せ先

〒106 東京都港区六本木1-4-30
エレクトロニクス・情報通信事業本部
XPRES事業グループ
☎03(588)9310〜9313

オートベクタライザで図面入力を自動化

4991 S3型

ソニー・テクトロニクス

特　徴

4991S3型は製図用紙やマイラー，青焼き，その他に書かれている図面データを高速に読み取り，ベクター変換してCADシステムのデータベースを生成するオートベクタライザ・ステーションである。4991S3型は，高速2次元カラー・グラフィック・ワークステーション4324型とオートベクタライザ4991型で構成されている。図面データは4991型オートベクタライザによってスキャンされてピクセル・データとして読み込まれた後，ベクター・データに変換される。変換されたベクター・データはグラフィック・ワークステーションに転送され，ベクター・ファイルとして登録される。このベクター・ファイルはTekniCADソフトウエアによって編集を行い，CADデータベースを作成する。オートベクタライザによる読取りはバックグラウンド処理が可能なため，ベクター編集を行いながら図面の読取りができる。さらにA4図面ならドラムに16枚まで張り付けることができ，それらを同時に読み込み，16個のベクター・ファイルを作成することも可能。またシステムの中核をなす4324型グラフィック・ワークステーションは高速処理，高速再表示(9万ベクター／秒)が可能なため，高密度図面の編集も楽に行える。

主な用途・分野

(1) 地図関係
地図から等高線，建物，道路，鉄道などを用途に応じて抽出し，さまざまな行政サービスに利用する。
(2) 機械関係
外注部品の形状を読み取り，寸法補正を行って組立図に取り込む。

ベクトル化処理

細線化，折れ線近似，輪郭線化，孤立点除去や穴埋めのノイズ除去，伸縮補正

認識処理

認識は不可

認識のためのアルゴリズム

——

編集機能

編集機能はTekniCADソフトウエアを使用するため，強力な作図機能および図面間重畳機能，トレース機能，各種コピー機能などにより円，直線，文字(日本語ワープロによる)，記号などの図形プリミティブに変換可能。その他にも階層番号，ペン番号，線幅，線種，文字フォントおよびスラント文字などのさまざまな属性を指定できる。

スキャナ方式と解像度

ドラム型／300dpi

読取り画面サイズ

最大A0サイズ

処理時間

A0サイズで40分(ベクター化処理時間は図面の内容によって異なる)

インタフェース

SIF，IGES，AutoCAD，TekniCAD，PATRAN

標準構成価格と構成

約4,000万円(オートベクタライザ，4324型高速2次元カラー・グラフィック・ワークステーション，TekniCADソフトウエア)

出荷実績／発表年月

——／1985年9月

開発会社

Tektronix, Inc.(米国)

問合せ先

〒141 東京都品川区大崎1-6-4
情報機器システム技術部 ☎03(779)7614

図面の特徴を柔軟に読み取り応用プログラムに最適な入力データを提供する

Uni-Mudams

日本ユニシス

特　徴

(1) 優れた再現品質
従来のシステムでは困難であった線分の複雑な交差部分や結合部分の品質向上を，新しいアルゴリズムと独自の結線処理によって実現できる。これによって図面の再現品質は格段に向上し，CADによる編集作業の工数を一段と削減することが可能。
(2) きめ細かな個別処理を実現
芯線化や高速検索が可能なデータ構造の採用により，高速性を保証しながらソフトウエア処理のメリットを生かすことできる。これにより，ユーザー独自のコマンドや多種多様な図面の認識など，ユーザーのカスタム化が容易に短期間で実現することが可能。
(3) 容易な編集操作
操作のしやすい日本語画面メニューと，輪郭線と芯線の重ね合せ表示により，きわめてスピーディに正確に，照合と修正が行える。さらに，文字，文字列，線種，記号などの認識機能や，日本語ワープロ感覚の文字編集機能などを装備。また，線分の複雑な交差部分のベクター発生，線種認識，文字認識などにおいて，認識の確かさを確実，不確実，未処理の3段階に分けて処理することが可能である。これらは一部を除いて基本機能となっている。
(4) 柔軟な他システムとの融和
プロッタ，磁気テープ，通信インタフェース，各種データ・フォーマットなど多種多様な出力型式をサポート。CAD/CAMシステムとのインタフェースやネットワークへのインテグレーションが容易に行える。
(5) 汎用EWSの採用
高価でしかも機能強化が比較的困難な専用ハードウエアを使わず，UNIX搭載の汎用EWSを採用。これにより，低価格で将来性のあるシステムを実現できる。また，同一ハードウエアで稼働可能なCAD/CAM，CAEなどのソフトウエアや，構造解析などのエンジニアリング・ライブラリが用意されており(100種類以上)，専用システムに比べて高いコスト・パフォーマンスを達成している。
(6) システム規模に応じた自由な拡張性
汎用のEWSを採用しており，システム規模に応じた編集用グラフィック・ディスプレイの複数台接続やNFS LANによる無駄のない効果的な拡張が可能。

主な用途・分野

●地図(等高線入力) ●建築軀体図 ●PCBパターン図 ●アパレル型紙 ●ロゴタイプ ●アナログ計測データ ●挿絵，など

ベクトル化処理

芯線化，折れ線近似，孤立点除去や穴埋めなどのノイズ除去，曲線補間

認識処理

英数字，シンボル，円・円弧，線幅，線種(破線，1点鎖線，2点鎖線)，角

認識のためのアルゴリズム

——

編集機能

形状編集(追加，削除，修正)，属性編集(線幅，線種，文字，レイヤー)，文字編集(文字列の修正，日本語入力)，座標補正，表示制御／重畳表示，認識確度，整形処理，ユーザー・コマンド

スキャナ方式と解像度

ペーパーフィード型／40ドット/mm(A0)
ドラム型／40ドット/mm(A3)
フラットベッド型／400ドット／インチ(A3)

読取り画面サイズ

A0サイズ幅650cmまで

処理時間

A0サイズで2.5分(アパレル用型紙)，A1サイズで10分(建築軀体図，良質のもの)
(画像量に処理時間は比例する)

インタフェース

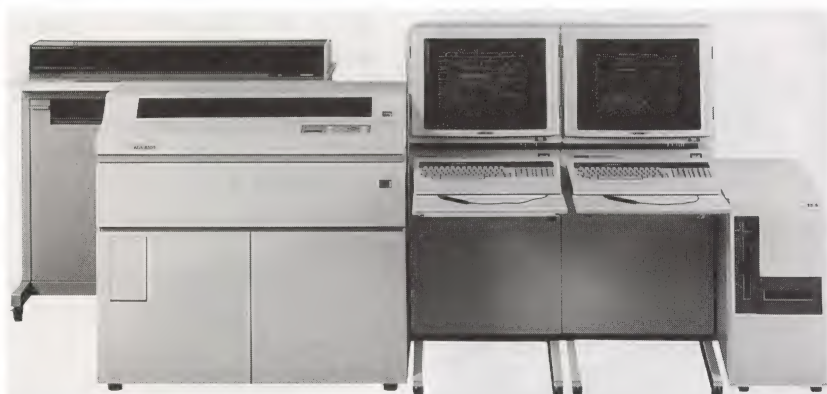
ユーザー個別書式，ユニシスのCADシステム，IGESなど

標準構成価格と構成

1,900万円から(A3サイズ・スキャナ，EWS，グラフィック・ディスプレイ，ソフトウエア)
2,500万円から(A0サイズ・スキャナ，EWS，グラフィック・ディスプレイ，ソフトウエア)

出荷実績／発表年月

10システム／1987年8月

開発会社

Uni-Mudams

日本ユニシス㈱

問合せ先

〒101　東京都港区赤坂2-17-51

コンピュータ・グラフィックス営業部　第三営業所　☎03(587)8707

図面入力処理向けの高速ハードウエアを内蔵した大型スキャナ

drʌstem 4000シリーズmodel 30

東洋電機製造

特　徴

(1)　本装置は特定分野専用の図面入力システムではなく，本装置を汎用のCPUと接続することによってユーザーニーズに最適な高速図面入力システムが実現できる。

(2)　汎用CPU処理に不向きな大規模画像処理，点列処理などを高速に実行できる専用プロセッサをスキャナに内蔵。CPUに負荷をかけることなく次のような局所的処理が高速にできる。したがって，CPUは大局的処理や対話型処理に専念することができる。

- 標準装備：細線化，整形化，文字領域抽出，MMR圧縮伸長処理
- オプション：文字認識，シンボル認識

(3)　高速で汎用的なホスト・インタフェースを用意

- IBMチャネル　● SCSI　● GP-IB
- DR-11Wなど

(4)　スキャナは手書き図面を高精細，高品位に二値化できる高級機

- ダイナミック・スレッショルド二値化
- リアルタイム・ラスター演算によるノイズ除去

(5)　豊富なファミリー化

- フラットベッド・タイプとメディアフィード・タイプのスキャナを用意
- 画像圧縮だけのスタンダード・モデル(model 20)および二値化だけのベーシック・モデル(model 10)を用意

(6)　編集機能は移植可能な支援ソフトウエアとして用意

- ラスター編集　●ベクター編集

(7)　関連出力装置としてラスター／ベクターを自由に組み合わせて出図できる当社製静電プロッタ drʌstem8000IP オーバレイ・プロッタを用意

drʌstem4750 model30

主な用途・分野

本装置は図面処理アプリケーションを支援する汎用的な周辺装置なので，その用途は多岐に及んでいる。線画をベースとした図面入力分野では次のような応用事例，用途がある。

- コンピュータ・マッピング(地図の初期入力／屋外設備図面の入力)
- 機械，プラントCADへの手書き図面入力(ベクター化結果を下書き図としてCADシステムに入力する)

ベクトル化処理

細線化による線分のベクター化，輪郭線ベクター化(エッジ・トレース)，折れ線近似・円弧近似などによる整形化，二値化後にラスター演算によるノイズ除去，ベクター化時にヒゲなどのノイズ除去

認識処理

標準装備　(円，円弧認識，線幅認識，文字領域(局在画像)抽出機能)

オプション(手書き英数字認識)

認識のためのアルゴリズム

- 文字領域の画像について特徴量を求め，特徴量空間での距離をキーにしてマッチング。
- 文字ごとの特徴量ベクターの辞書は学習機能をもつ。
- ある程度傾いた文字も認識可能。

編集機能

- ラスター編集：ラスター作図，ラスター修正機能
- ベクター編集：作図機能，点列修正機能など
- 文字認識結果の表示確認および修正：各種EWSに使用可能(NEWS，Ustationは実績あり。現在，Sun，NEC 4800，IBM 6100，PC-55などに移植中)

スキャナ方式と解像度

- フラットベッド型／400dpi(A1・A0)
- メディアフィード型／400dpi(A0)

読取り画面サイズ

最大A0サイズ

処理時間

A0サイズの道路台帳図で10～15分(ベクター化から文字領域抽出まで)

インタフェース

- CADAM，IGESは標準装備
- 各種専用CADはオプションとして対応

標準構成価格と構成

2,210万～2,640万円(drʌstem 4000シリーズmodel 30)

850万～1,870万円(drʌstem 8000シリーズ静電プロッタ)

(最大価格は，ラスター／ベクター重ね描きが可能なオーバーレイ機能を含む)

EWSなどCPUは市販品で可。

出荷実績／発表年月

2セット／1987年(model 30)

開発会社

東洋電機製造㈱

問合せ先

〒108　東京都港区三田3-13-16

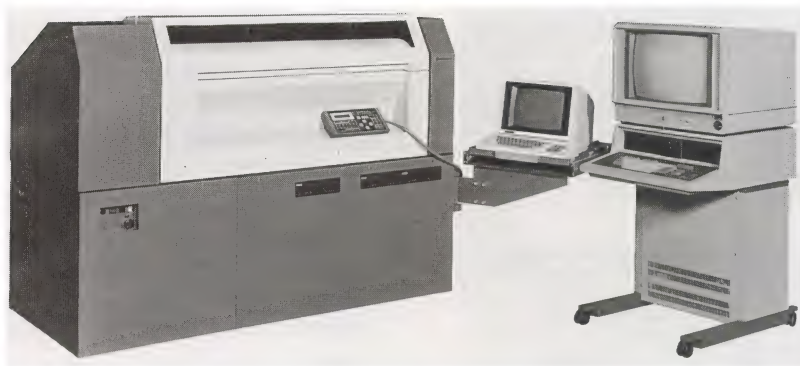
ドラステム本部営業部　☎03(457)0741

多色図面データを同時認識できる高精細図面自動入力システム

ADG-C000

日立精工

特　徴

- 1回のスキャニングで8色の色種を認識できるので，データの自動層分けが可能である。さらに，領域単位，図形単位の層分け機能を使用することにより，最大256層のデータ層分けができる。
- 交線の分岐処理，異色線の混色交差処理などの特殊処理を加えた線認識ソフトにより，原図に忠実な線追跡データが得られるので，ベクター・データの編集が大幅に省力化される。
- 原図の線のかすれ，ゆらぎ，地汚れ，およびベクター化されたデータの端点引込み不足，角部の崩れ，折れ線内の微小要素の発生などを自動的に修正する補完処理機能を備えている。補完処理の内容は，データの層ごとに編集可能なので，原図形の性状に合致したデータをオペレータを煩わせることなく作ることができる。
- ベクター化されたデータを対話編集加工するために，対話専用のCPUが組み込まれており，読取りと対話の並行作業が可能である。対話機能としては，ベクター・データの補完用に特化されたコマンド以外に図形の発生・編集を行うための数十種のコマンドが用意されており，ホストCADで図形編集を行う必要がないので，CADの負荷を軽減し本来の業務に有効に活用することができる。
- 特殊対話コマンドとして，記号処理，文字処理，閉領域処理，図形と文字・図形と図形・文字と文字の関係付与，業務用途別の特殊応用処理などの機能を豊富に備えているので，CAD入力データの作成の枠を越えたデータ作成が可能である。

HADG-C00

●対話型業務の専用分散化を図るために，専用プロセッサ回路を備えたワークステーション端末が準備されているので，大規模な図形編集ネットワーク・システムを組むことができる。

主な用途・分野

●地図：地形図，海図，住宅地図などの情報を，文字・記号・属性情報を含んだマッピングCAD用多層データとする。

●施設配管図：埋設管などの施設図を，管理情報などの属性を含んだデータとする。

●プリント基板図：基板パターン図，実装配置図などをパターン分けし，PCB-CAD用データとする。

●建築軀体図：建屋内の配管・配線用背景図として軀体図をデータベース化する。

ベクトル化処理

ラスター・データを穴埋めし，外郭整形した後に細線化して芯線データを求める。分岐点に対する追跡認識を行い，ベクター化した後に自動的にベクター・データの補完処理を行う。

認識処理

8色までの多色認識，図形およびシンボル認識，数字認識が可能。英字認識を開発中。日本文字の認識については対応不可能。

認識のためのアルゴリズム

認識対象の数字・記号・図形などをそのベクター・データの性状または色種によって抽出した後に構成要素に分解し，各構成要素の関係を解析して登録辞書とマッチングを行う構造解析手法を採っている。

パターン解析には，類似性の度合をみるAI的手法を使用し，認識率の向上を図っている。

編集機能

●図形発生：折れ線，直角折れ線，自由曲線，円・円弧，矩形，補助線(任意方向を含む)など

●図形編集：移動，回転，コピー，引込み，トリミング，オフセット，面取りなど

●領域編集：直線化，曲線化，線切れ接続，ノイズ除去，端点引込み，角部修正など

●その他：記号処理，文字処理，ポリゴン化層編集，関係付与，座標変換など

スキャナ方式と解像度

ドラム型／10ドット/mm

読取り画面サイズ

最大A0サイズ

処理時間

A1サイズで35分(ベクター化および通常の補完処理時間を含む)

インタフェース

CALCOMPフォーマット，GERBERフォーマット，オリジナル交換フォーマット(公開)

標準構成価格と構成

6,000万円(スキャナ，画像処理部，データ収納用ハードディスク筐体，出力用フロッピデッキ，対話専用CPUボード，対話用グラフィック・ディスプレイ，タブレット／デジタイザ，基本ソフトウエア)

出荷実績／発表年月

10システム／1983年11月

開発会社

日立精工㈱

問合せ先

〒101　東京都千代田区神田錦町3-13
コムグラフ本部営業部　☎03(294)7730

CAD/CAMからマッピングまで幅広い分野に適用可能な図面入力システム

FADCS

富士通

特　徴

(1)　高画質・高精度なイメージ・スキャナ

A0サイズとA3サイズのスキャナがある。背景濃度に自動追従する最適二値化処理の機能や自動補正機能，自動検知機能などにより，400dpiの高画質・高精度入力が可能である。

(2)　高い処理能力を有する図形認識装置

スキャナから入力したイメージ・データに対し，ベクター化・文字認識を高速かつ高精度に処理する他，各種図面の特質に応じた読取り精度の調整および図形データの自動整形が行え，多種多様の図面を入力することができる。各種専用プロセッサの内蔵化と，最大96Mバイトの大容量画像メモリによる高速化，および数十枚の図面の一括入力・連続認識が可能である。

(3)　図面入力装置をサポートする強力なベーシック・ソフトウエア

ベーシック・ソフトウエアとして，次のような機能を備えている。

●図面入力装置制御

●認識結果の確認修正機能

●認識データ・ファイル管理機能

●認識データのCADファイル変換機能

●利用者プログラム構築を容易にする認識データアクセス機能

(4)　ホスト・コンピュータとの連携

汎用コンピュータMシリーズ／スーパー・ミニコンAシリーズとの連携により，以下のことが可能である。

●各種既存パッケージとの連携が図れる。

●ホスト・コンピュータの資源である大容量ファイルや大容量メモリの活用ができる。

●図面入力装置のハードウエアによる高速化とホスト・コンピュータのソフトウエア処理による柔軟性で，目的に合ったシステム構築が容易にできる。

●各業種ごとの顧客ニーズに応じて，認識ルールベースを適用した自動化レベルの高いシステムの実現が可能。

主な用途・分野

(1)　CAD/CAM分野

●電機分野：回路図，プリント基板パターン図など

●鉄鋼・石油分野：石油精製プラント図，水処理プラント図など

●機械・建築分野：機械部品図，建築設備設計図など

(2)　コンピュータ・マッピング分野

●電力・ガス分野：配電・配管の設備図など

●自治体：道路管理図，土地家屋管理図など

●その他の地図入力：白地図，地形図など

ベクトル化処理

細線化，折れ線近似，塗りつぶし領域の抽出，断線の結合，飛越し線の結合，孤立点除去や穴埋めなどのノイズ除去(除去するノイズ・サイズの指示が可能)，歪み整形，輪郭線の抽出

認識処理

手書き英数字認識，特殊記号認識，線種認識(実線・破線)，線幅認識などが可能。

ソフトウエアで円・円弧・楕円弧・自由曲線・鎖線などの認識やシンボル認識が可能。接触文字・漢字の認識はまだ対応不可(制限付きであれば個別対応可能)

FADCS

認識のためのアルゴリズム

線分(実線・破線・鎖線)の自動認識の方式は，線分の長さ，方向(角度)，分岐，連続性(つながり方)，隙間の長さなどの情報を用いた構造解析手法を採っている。業種ごとに異なる図面(線分)の特性には，ベーシック・ソフトウエアで提供している処理パラメータの変更・指示・登録などの機能で対処。

文字／シンボルは，識別に都合の良い位相幾何学的な情報(ループ・オープン・分岐，他)など，統計的および経験的に求めた各種特徴量よりツリー構造の分類木で認識する方式を採っている。

シンボル認識は，分類木で一意に識別できなければ，さらにパターン・マッチングで識別を行う2段構えの方式を採っている。

編集機能

ベーシック・ソフトウエアによる認識結果の確認修正と，既存のCADシステムが有する編集機能の利用が可能。ICADとの結合では，速いレスポンスと高い操作性で，作図・編集・登録機能，2次元図形の加減演算，パラメータ入力による類似図面の作成機能などにより流用設計にも適用可能。またJEFとの結合により，漢字・カナなどの入力も可能。

スキャナ方式と解像度

フラットベッド型：400／240／200／120dpi(主走査・副走査とも)

読取り画面サイズ

最大A0サイズ

処理時間

A0サイズで30分(4万ベクター，4,000文字のプラント図面)

入力からシンボル認識・統合認識および認識結果の確認修正処理まで，3～4時間で作業を終えることができる。

インタフェース

ICAD, CADAMなど，各種CADシステムとの接続可能(利用者インタフェース・モジュールの提供により，地図情報システムとの接続やIGESを含む各種フォーマットへのデータ変換が可能)

標準構成価格と構成

5,980万円(ホストA-300：3,000万円，FADCS：2,090万円，ソフトウエア：890万円※ICAD含む)

出荷実績／発表年月

――／1987年2月

開発会社

富士通㈱

問合せ先

〒101　東京都千代田区丸の内1-6-1

電算機販売推進部第四推進課

☎03(216)3211

低価格高速ラスター/ベクター変換システム

MV 100

マーカス

特　徴

当社が独自開発したアルゴリズムに基づき，高速かつ高品質なラスター／ベクター変換操作を安価なシステムで実現させたものである。

- 各サイズ，各ドット数のイメージ・スキャナに対応し，高速ラスター／ベクター変換を行う。
- 直線，曲線の認識および交点，端点，閉曲線の認識
- 各種パラメータによりさまざまな図形に対して最適な結果を得ることができる。
- 線図形に対する細線化と面図形に対する輪郭線抽出が選択できる。
- 曲線部分については折れ線出力と曲線出力を選択できる。
- 強力な自動修正機能により，品質の低いラスター・データを補正・修正し，高品質なベクター・データを出力する。
- パラメータ例：輪郭／細線化の選択，ノイズ削除範囲の指定，ベクター数制御の指定，ヒゲ・交点分離の抑制，直線・曲線認識の有無，読取り線密度の指定，読取りサイズの指定。

主な用途・分野

- ロゴマーク・カッティング・システム
- 版下作成システム
- CADパーツ図登録
- 白地図入力
- PCBフィルム図入力
- ファイリング

ベクトル化処理

輪郭ベクター，細線化ベクター，ノイズ除去，孤立点除去など，パラメータで選択可能

認識処理

線幅区分の分野は認識できない

認識のためのアルゴリズム

――

編集機能

OEM製品につき，当社ではコアのみ提供。修正・編集はOEM先でアプリケーションの一部として行っている。

スキャナ方式と解像度

フラットベッド・スキャナ／400dpi

◀ MV100

他の入力デバイスも可能

読取り画面サイズ

最大A0サイズ

処理時間

A3サイズ 400dpi スキャナ

機械図面：約2分30秒，3,200ベクター／分（線画），6,400ベクター／分（輪郭）

インタフェース

MICRO CADAM，AutoCAD

標準構成価格と構成

150万円（A4サイズ，300dpi，フラットベッド・スキャナ，専用エンジン付き）

320万円（A3サイズ，400dpi，フラットベッド・スキャナ，専用エンジン内蔵）

未定（A1サイズ，400dpi，フラットベッド・スキャナ，専用エンジン付き）

出荷実績／発表年月

100システム／1987年10月

開発会社

㈱マーカス

問合せ先

〒174　東京都板橋区宮本町39-15

技術部，営業部　☎03(558)8292

イメージCADから図面読取りまで統合・多機能イメージ処理システム

GX-1000シリーズ

三菱電機

特　徴

統合・多機能イメージ処理システム「三菱GXワークステーション」シリーズは，データ・機能・ネットワーク・利用環境の統合を開発コンセプトとし，多彩なシーンで多機能ぶりを発揮する。

図面認識入力ワークステーション「GX-1000」は，スキャナ入力された図面のイメージ・データを，独自に開発されたTRV法，RTM法とよばれる高速画像認識アルゴリズムによって，シンボル・ベクター認識処理を行っている。これにより，CADやマッピングで悩みの種であった図面データの入力問題が解消し，労力と時間を要するデジタイザ作業が不要となった。

GXシリーズは，システムの効果的運用を図るため各種シリーズがラインアップされており，これらを併用すれば効率が一段とアップする。例えば，大量の図面類を図面ファイリング・ワークステーション「GX-2001」によって光ディスクに保管しておき，これを夜間時にGX-1001に取り出して階層ベクター化の自動処理を実行し，昼間時に補完処理として対話型で追加・修正作業を行うことが可能である。

また，イメージ・データのままで図面加工・編集・作画が行えるイメージCADワークステーションGX-3001と併用すれば，図面の必要部分のみベクター化を行い，他の部分はイメージCADで処理することが可能となる。このようなイメージとベクターの同時処理は，既存図面の流用設計の効率を飛躍的に上昇させる。

「三菱GXワークステーション」シリーズは，高速画像処理GCPを搭載した32ビットEWSによって構成され，これらGXシリーズはもとより，異機種のコンピュータとの接続も可能である。

主な用途・分野

- 地形図階層ベクター・データの作成
- マッピング図面のベクター・データの作成（上下水道配管，ガス管，配電線などの地下埋設図のベクター化）
- CAD入力用データの作成（ICロジック，基板回路，プラントのP&ID，機械，土木などの設計図）
- 図面管理（各種図面の保管・修正・出力）

ベクトル化処理

- ベクター化処理：機械図，地形図，土木図，PCB回路図，電気図など
- シンボル処理：プラントの計装図，P&ID図，シーケンス図

認識処理

直線認識，シンボル認識，円・円弧認識，線幅認識，手書き英数字認識（ただし，各文字の重なりがないこと）

認識のためのアルゴリズム

長ベクターの検出は，原図と少しずらした2つの画面イメージ・データをラスター演算して求める。これは，ラスター／ベクター法（TRV法）とよばれ，従来とは全く異なる手法である。この手法は，従来の細線化法のように角・分岐点がきわめてクリアに求められ，また途中処理結果として短ベクターが多く発生することもない。

シンボル認識は，原図とその実画像全体をシフトしてラスター演算を行い，その自己相関によりラスター・テンプレート・マッチング法（RTM法）で求める。これは，従来のような分類木（特徴辞書）の作成が不要であり，線との交差接触・かすれ・途切れにも強く，高速処理を特徴とする。

編集機能

自動処理後の編集機能として，自動整形編集とマニュアル編集がある。

自動整形編集（粗ベクトルの統合，直角補正，円・円弧近似がある），マニュアル編集（ベクター乗除，移動，統合，直角補正，各種作画（直線・円など））

スキャナ方式と解像度

図面移動走査型／400dpi（A1サイズ）

フラットベッド型／400dpi（A3サイズ）

読取り画面サイズ

最大A1サイズ（オプションでA0サイズまで）

処理時間

A3サイズで約10分，A1サイズで約30分（図面入力の上，ベクター化，シンボル認識を行った後，自動整形編集処理までであり，マニュアル編集は含まない）

インタフェース

MELCAD，MELGIS，CV，IGES

標準構成価格と構成

4,000万円（GX-1001本体，A1スキャナ，A1プロッタ，ソフトウエア一式）

2,800万円（GX-1001本体，A3スキャナ・プロッタ，ソフトウエア一式）

出荷実績／発表年月

90システム／1986年10月

開発会社

三菱電機㈱

問合せ先

〒100　東京都千代田区丸の内2-2-3

公共事業部　☎03(218)2566

GX-1000シリーズ

計算シミュレーションの世界
ここまできた未来予測技術 後編

電子計算機の出現は計測，制御，計算という産業における３大基礎技術に革命的進歩をもたらした。ここでは，先端科学技術の研究開発において計算機シミュレーションのもたらしつつある役割を紹介する。

川井　忠彦*

不連続体力学の勧め

現状の非線形解析法では，精度と経済性の点で実用化には程遠いといわざるを得ません。例えば，有限要素法は連続体の力学に基づいています。しかし，ものが壊れるときには連続したものがバラバラ(不連続)になってしまうのです。実際，世の中にある物質には連続なものは一つもなく，物質は連続だとする考えは理想にすぎません。例えば，土にしても石にしても細かい粒子の集団でできており，金属は結晶の集まりであり，結晶は分子の集団であり，分子はさらに原子から構成されているというように，粒の集団のハイアラーキー(階層構造)になっているわけです。現象の本当の姿をつかむためには，粒の特性がでてくるような解析を行わなければならないというのが私の持論です。換言すれば，非線形の壁を連続体の力学だけで解明しようとするのは無理で，これを乗り切るためには，不連続体力学すなわち粒の集団を扱う新しい力学を作らなければならないと思います。

このようなことは物理や化学の世界では当たり前なのでしょうが，マクロの立場から考えると原子や分子のレベルで解析するのは細か過ぎるのです。もっと大きな結晶レベルに焦点の合った理論がほしいのです(金属転位論がその要求に合致した理論でしょうが，本質的には連続体力学に基づいている)。この立場で考えると，超伝導はさしずめ錬金術の段階のようです。解析の方法をカメラに譬えると，中間距離にある被写体を撮りたいのに近距離用のカメラと無限遠に焦点の合うカメラしかないという状態なのです。そのような中間距離のレンズになるような物理モデルを開発し，まず計算機でシミュレーションを行い，的をしぼってから実験をやらないと，物量の国であるアメリカには勝てないでしょう。

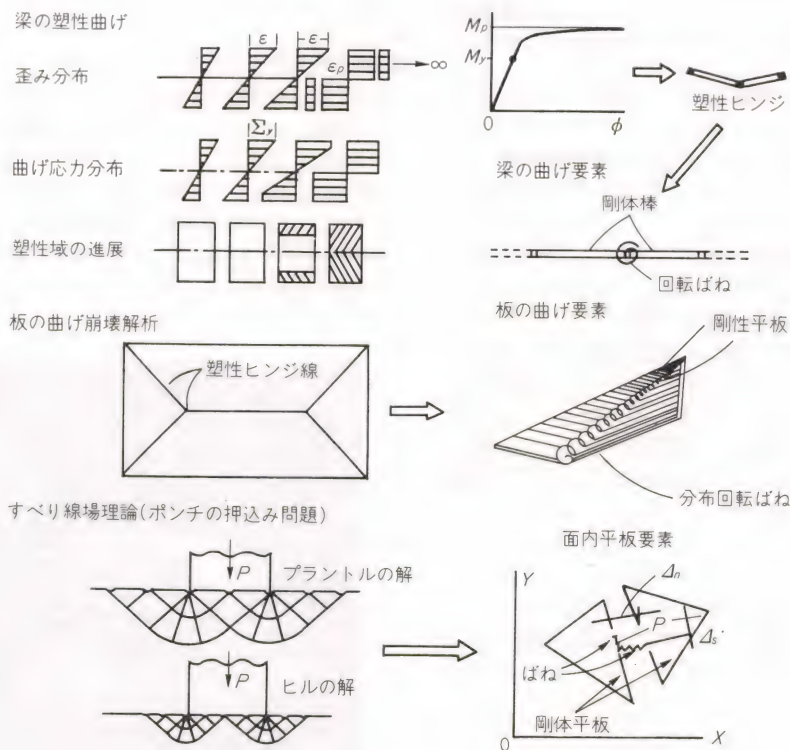



図１　代表的な3つの塑性崩壊パターンと剛体ーバネ・モデルの概念

*かわい　ただひこ　東京理科大学　工学部　第一部　電気工学科　〒162　東京都新宿区神楽坂1-3

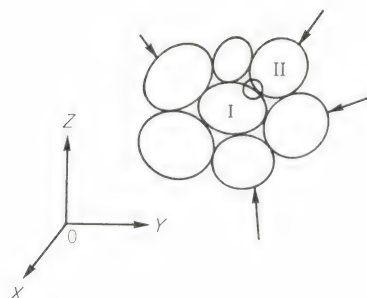
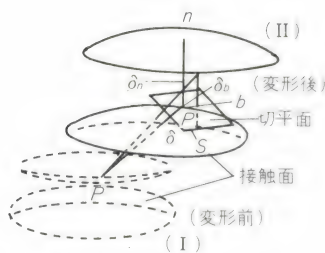
δ_n：要素（I），（II）の点 P における垂直相対変位（体積変化）
δ ：要素（I），（II）の点 P における相対変位

（a） 有限個の“剛体ーバネ”モデルによる3次元物体（ロックフィルダム，石垣など）の理想化

（b） 要素（I）および（II）の接触境界面上における結合バネの変形（(a)図円で囲った部分の拡大図）

図 2　3 次元“剛体ーバネ”モデル

剛体ーバネ・モデル（Rigid Bodies-Spring Model）の概略

粒の集団の力学とは次のようなものです。すなわち，固体が崩壊あるいは破壊していく過程で，有限個の剛体ブロックが塑性関節，塑性関節線，あるいはもっと一般的に辷り面で互いに連結された可動機構になるという実験的事実に着目し（**図 1**），与えられた固体をはじめから有限個の任意形状の微小3次元要素に分割し，それ自体は剛体であると考え，要素どうしはその境界面上に連続的に分布しているバネによって連結され，これらのバネの変形によって固体の変形や内力の伝達が行われるモデルを考案したのです。

このようなモデルの最も一般的なものは，**図 2** に示すような任意形状の数多くの，しかし有限個の剛体が互いにある接触境界面上に分布した境界面の鉛直方向の相対変位(体積変化)と，水平方向の相対変位(辷り変位)に抵抗する2種の分布バネ系によって連結され,外荷重を受け,互いに接触しながら釣り合っているモデルです。このようなモデルでは，要素の変位はその重心の剛体変位(一般に6成分)だけで記述され,要素間の相対的変位がはじめから許されることになり，塑性変形や接触問題の本質である境界面上の辷りの表現が可能となってきます。

一般に構造非線形問題は，非弾性，大変形と亀裂発生，生長の3つの非線形パラメータを，多くの場合同時に取り扱うことが要求される複雑な不連続場の問題です。連続体力学に基礎をおく有限要素法はこの不連続場の取扱いがはなはだ苦手ですが，この離散化解析法ははじめから変位の不連続性(辷り)を考慮に入れたモデルであるため，辷り面生成や接触問題の解析には非常に適しており，トポロジの立場から考えると荷重を受ける固体に起こる破壊や崩壊を表現できる離散化モデルとも受け取れるようです。事実，バネの他にダッシュポットを入れた系で境界面上のバネを置き換えることにより，後述するように金属転位論で最近話題となっている結晶粒界における超塑性問題（superplasticity problems）や，地震学におけるプレートテクトニクス説のシミュレーション・モデルにもなり得るのです。

鉱山やトンネル掘削の現場では落盤事故が起きたりすることがありますが，そのような地盤の破壊現象を剛体―バネ・モデルを用いて研究してきました。その結果，最近ますますこの方法は使えそうだということがわかってきました。

有限要素法は，要素の頂点に節点(node)をおいて(**図 3**)，それを介して要

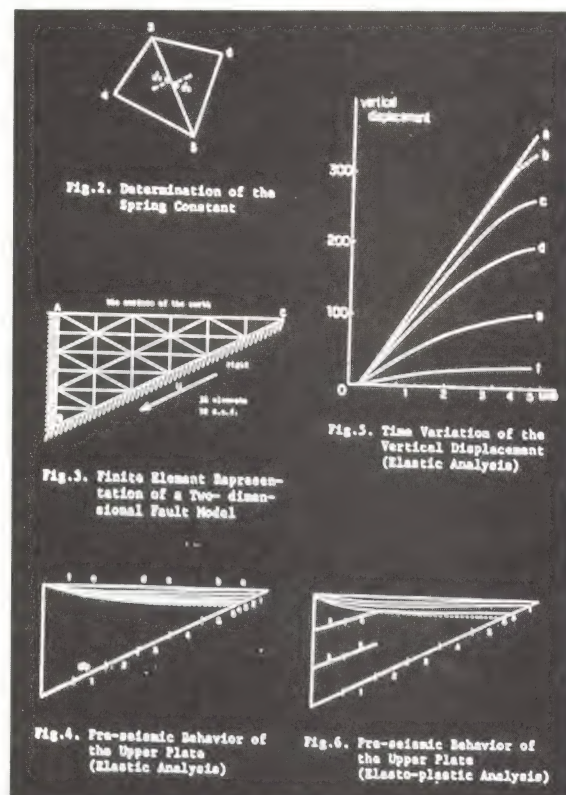



図 3

素と要素を結合させていくのです。私のモデルでは，この節点を境界の頂点から要素内部の点(重心)に移して，剛体とみなしてその要素境界を2つのバネでつないでいます。したがって，バネがある条件で変形してくると辷りが発生するという要素なのです。有限要素法は，節点で要素を互いに留めてしまうので辷らせることができません。私の考えた要素も剛体を仮定しているので，要素の変形は無視することになり別の意味で完璧でないのですが，この両方を合わせれば相補っていろいろな研究ができるのではないかと考えられます。

内圧による缶の飛び移り座屈，鋼管の圧壊

ある缶メーカーから，内圧を受ける清涼飲料の缶の塑性飛び移り座屈[注1]解析の依頼を受けました。弾性域における飛び移り座屈の理論はKármánとTsienが始めたものですが，非弾性域における飛び移り現象の解明には使えませんでした。ところが最近，この剛体—バネ・モデルを使ってかなりきれいに追えるようになりました。**図4**，**5**は解析の結果です。これによって，非弾性飛び移り現象という非常に複雑な不安定現象が見事に説明できるようになりました。**図6**は厚さ1cm，直径1mくらいの鋼管を試験機で圧壊した実験です。その結果わかったのが，潰れるときにはそのパターンに規則性があるということです。厚さと板厚との半径の比,直径と板厚との半径の比，直径と板厚の比といったパラメータで，断面が三角になったり四角になったりするのです。その現象の計算機シミュレーションができるようになりました。この方法は，今後，塑性加工の分野などにおいてかなり使われるでしょう。

金属転位論に対する突破口

図7はマグネシウム・ジルコニウム合金の電子顕微鏡写真です。この粗大結晶に荷重をかけると歪んで変形します。その結晶の回転量を測っている金属の超塑性研究者がいるのです。これをモデル化したものが**図8**です。その実測値が**図9**の点線部分です。実線が計算機シミュレーションの結果で，両者の比較から意外に有意性のあることがわかりました。これは簡単なモデル実験にすぎませんが，金属結晶の世界でも私の考えたモデルが役立つことがわかります。これが転位論に対する突破口になるのではないかと考えています。これから21世紀に向かって新しい材料の開発，力学的な特性，熱的な特性のいずれをとっても重要な問題が山積していますが，その分野の秘密を探るにはおそらく結晶レベルの力学，物理あるいはシミュレーションが的確にできるようなソフトウエアの開発が必要になるでしょう。

巨大ブロンズ像の構造設計

図10は私が関係した銅像の構造設計例です。富山県の黒四ダムの入り口にある宇奈月の山の上に20数メートルのブ

図 6

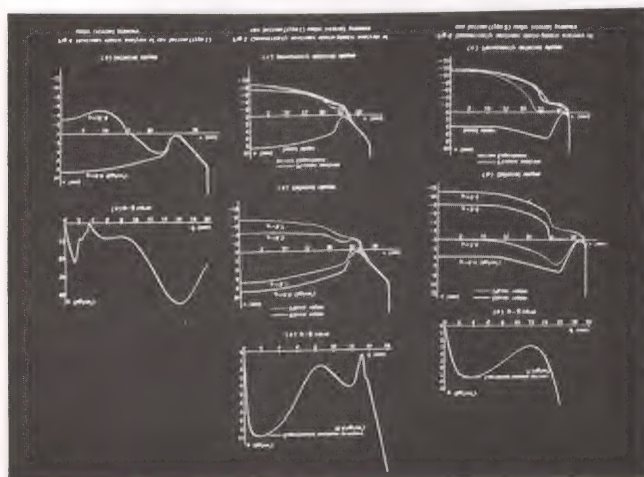



図 4

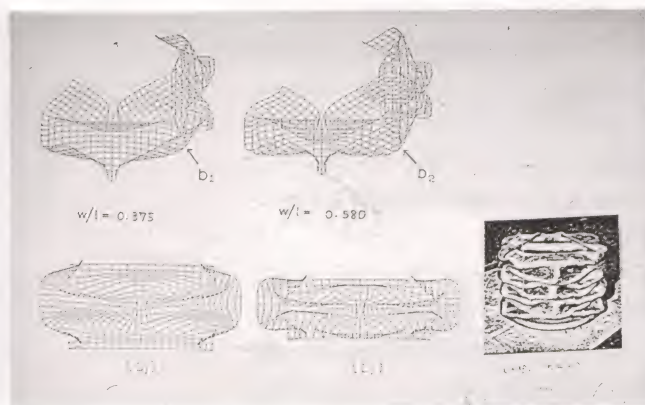



図 5

ロンズ像を設計することになり，その建造を引き受けた企業が私のところに相談に来たのです。当時，私は骨組みの最終強度・耐力を押さえるプログラムを開発していました。ブロンズは非常に柔らかい材料ですから支えが必要なのです。宇奈月は冬になると5～6mの積雪があり，槍ケ岳からは60m／秒という強風が吹くことがあるという大変な環境なのです。

結局，1/20のモデルで実験を行い，私のシミュレーションの結果(**図11**)とよ

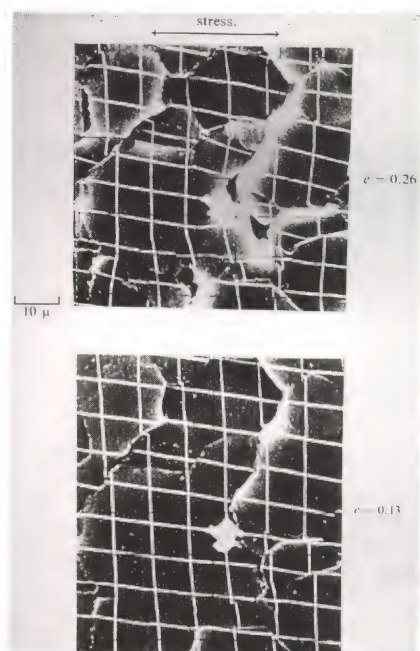



図　7

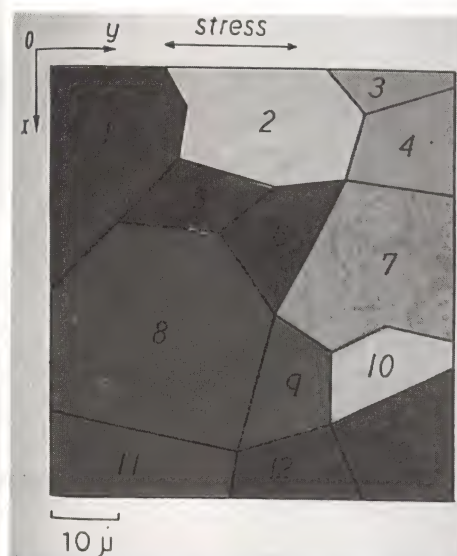



図　8

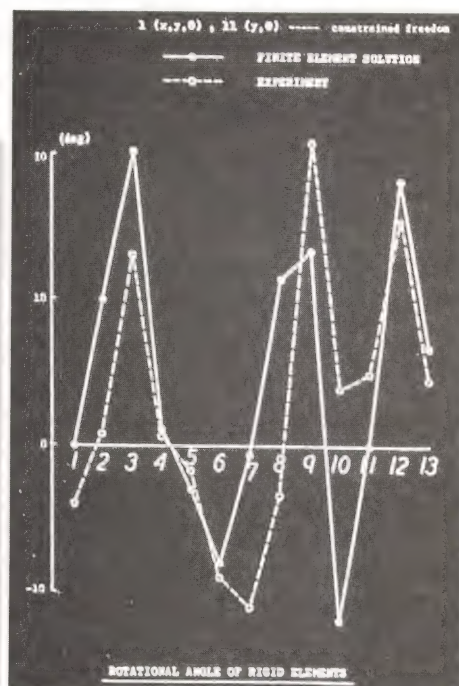



図 9　計算と実測値の比較

図　10

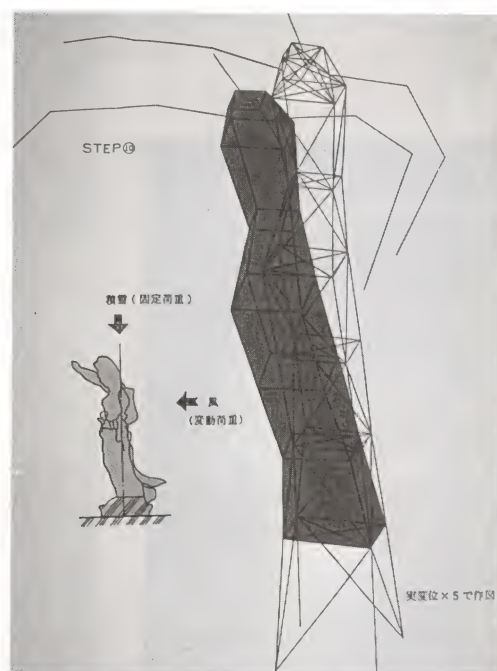



図11　シミュレーション結果

く合うということを確認したうえで3年ほど前に建立しました。1年置きに写真測量でモニタリングしているのですが，ほとんど動いていません。このような構造設計は前例のないことだったのですが，新しい技術を使えばその建設は可能であるということが立証されました。

固体の接触問題

最近起きたJAL123便の事故は，修理ミスによる後部隔壁の破壊がその直接の原因ということがわかりました。しかし私は，修理ミスという人的要因がなかったとしても，あの事故は継手の設計にもっと検討すべき盲点があることを教えてくれたものであると考えております。その後に起きたスペースシャトルのチャレンジャーの空中爆発も，継手に起きたトラブルが原因といわれています。私の開発したモデルは，この接触問題の解明に使えるモデルであるということを申し上げたいと思います。

整形外科の領域で，**図12**は股関節脱臼の症例ですが，関節接触状態が悪いと応力集中が起きるのです。本来広範囲にわたって当たるべきところが局部的にしか当たっておらず，接触部の応力が非常に高くなって血液が行かなくなり角質化してしまいます。そうするとその応力の高いところに痛みを感じるだけでなく，関節の嵌合が悪くなって外れる危険性がでてくるわけです。整形外科医はこのような股関節の異常な接触状態をたった1枚のレントゲン写真から読み取って当たり具合を知り，その治療法を考えているのが現状です。ところが名医といえども百発百中の診断治療ができるわけでなく，そこに長年の鍛え上げられた勘が重要になってくるのです。

このような整形外科医の診断をより信頼性の高いものにするため，接触部の応力分布(**図13**)を正確に読む技術を開発したのです。この手法を用いて手術方法の最適化(optimization)を試行錯誤的に

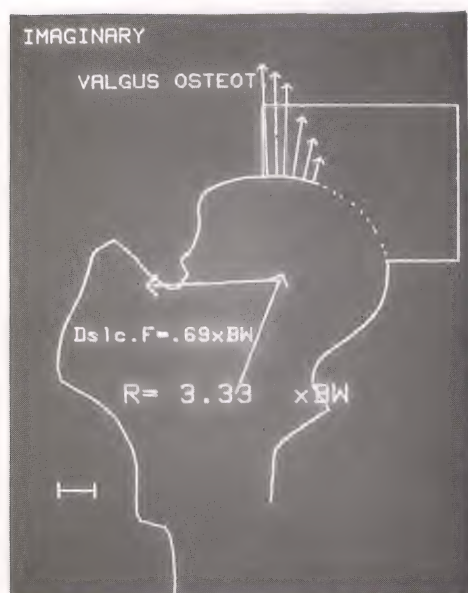
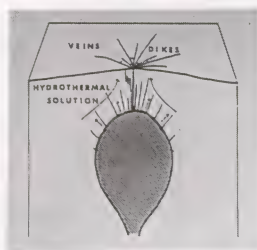
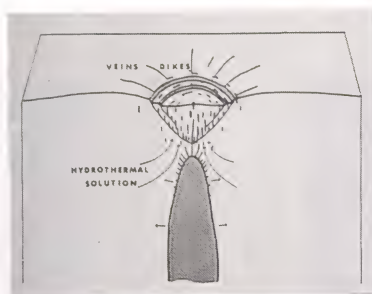
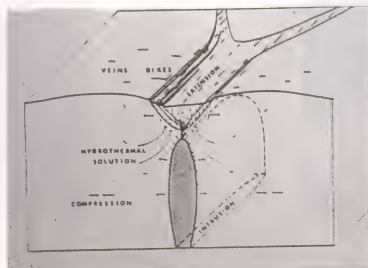



図13　応力分布

(a)　ドーム状隆起

(b)　カルデラ型沈降

(c)　グラベン型沈降

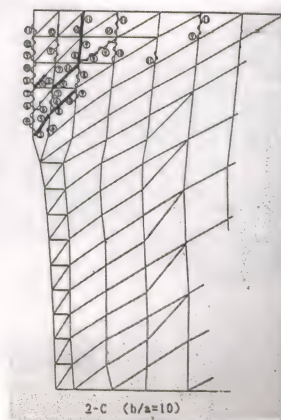
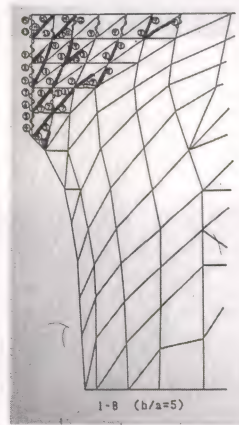
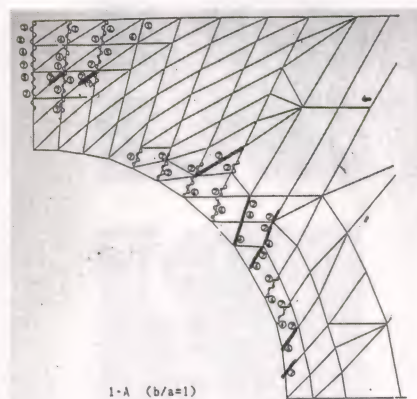



図　14

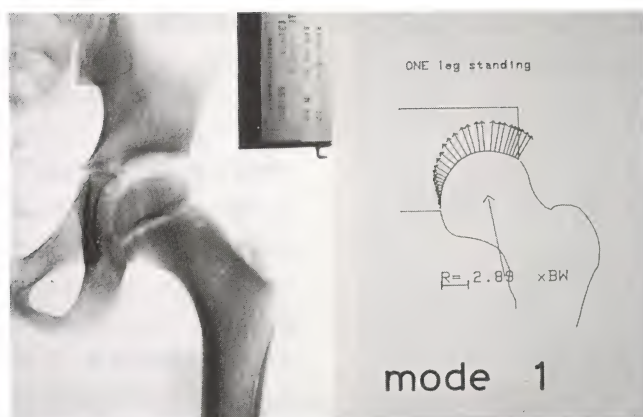



図12　股関節脱臼

行っていくのです。要は，応力分布が広い範囲にわたって一様になるようにメスをふるってやれば，まずい手術を避けられるのではないかというわけです。すなわち，計算機と対話しながら手術をする手法ができるのではないかということで現在，研究開発を進めています。

接触が絡む問題は他にもたくさんあります。塑性加工，機械加工など接触問題そのものなのです。歯車には摩耗して困るとか，歯が欠けるとか，振動するなどのいろいろなトラブルが発生します。これらのトラブルを軽減するには接触のメカニズムがよくわかっていなければなりません。このような問題がまだまだ機械工学の分野には盲点として残されているのですが，それにメスを入れる道具ができたのではないかと思っています。

火山噴火や地震の謎に迫る

火山の噴火というものは，地下からマグマが上がってくるので地面が隆起する部分で起こる場合が多いといわれています。三原山が噴火したときに，火山噴火予知連絡会は隆起に目を向けて地殻変動を測っていたところ，裏をかかれて予想もしない箇所から割れ目噴火が起きたのだそうです。そのとき，割れ目噴火を起こした箇所の近傍が沈降していたのです。

なぜ沈降したのかということに私は非常に興味をもったので，後述するモデルを使ってシミュレーションを行いました(図14)。その結果，割れ目噴火の場合には沈降することがあり得るということがわかったのです。その当時までに数年かけて気象庁が地殻変動を測ったデータがあるのですが，それとシミュレーションの結果を比べてみたら地殻変動の状態がよく一致したのです。このように，火山噴火や地震予知は計算機シミュレーションの応用できる分野だと思います。

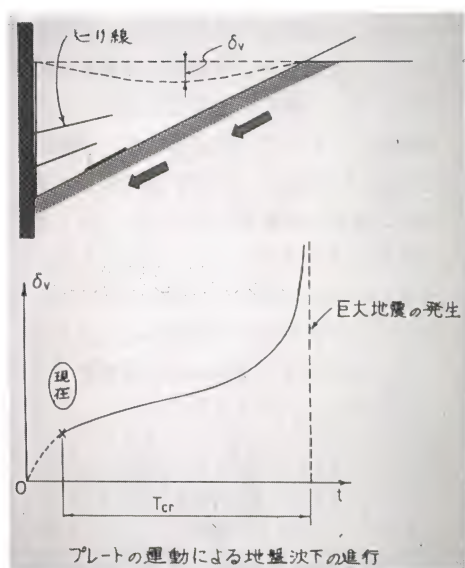
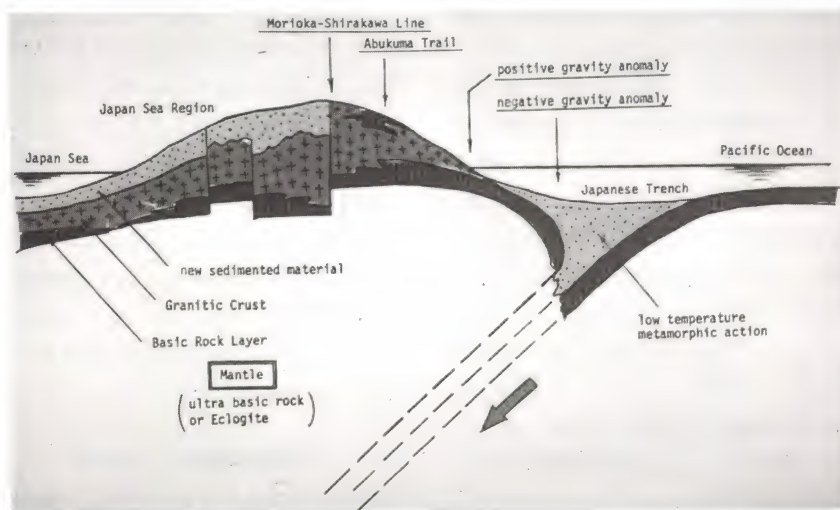
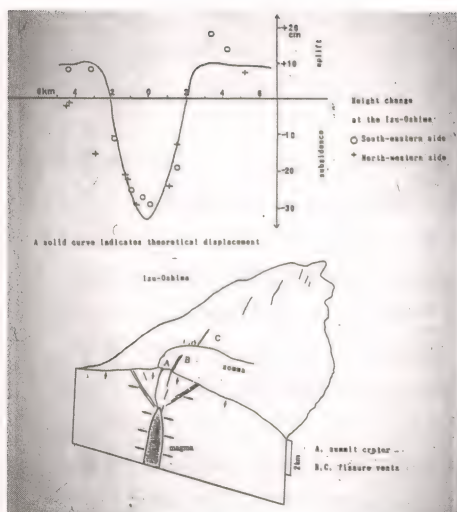
地震発生のメカニズム(図15, 16)を考えるとき，地盤の沈下量の時間的変化を見ることは一つの重要な手掛かりです。その関係は材料のクリープ曲線に似ているのです(図17, 18)。時間がたつにつれて急に沈下量が増大するような不安定な状態になると危ないのです。このような不安定現象が確かに起こった例があります。昭和19年に静岡県が大きな被害を受けた南海地震が起きました。そのときに国土地理院が掛川で測量していたのですが，そのデータが数時間後にどんどん変わっていって変だと思っていたら地震が

◉図17, 18は次ページ。

図　15

図　16

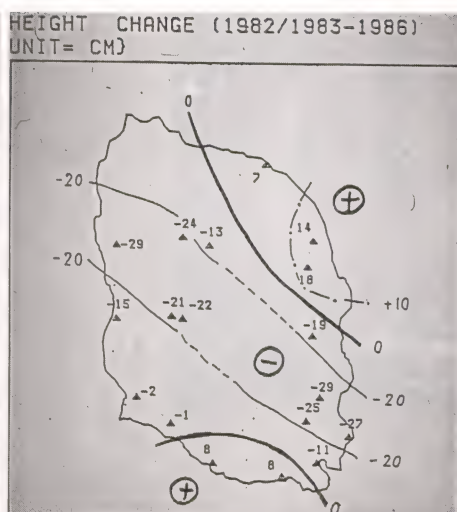
図 17

図 18

きたのです。

このようなシミュレーションの結果を逆に読んで，地下でどのようなことが起きているかということを地震の発生する前に一例でも予測するのに成功すれば，地震予知は決して夢物語ではないと思っています。

連続と不連続

自然界に起こる現象は連続か不連続かということは物理学の根本問題です。すなわち，あらゆる自然現象は連続性を仮定した理論で説明しやすい面と，不連続性を導入しないと理解できない面があるのです。例えば，光学理論には波動説と粒子説の２つがあります。波動説は電磁波の理論をもとにしており，光の干渉などはこれによって見事に説明がつきますが，光電現象が発見されてその説明がつかなくなり，アインシュタインが光量子説を生み出すことになりました。これは現代の物理学では常識なのでしょうが，波としてとらえられる面と粒としてとらえられる面との２つの面があるわけです。固体の力学でも流体の力学でも同じことで，粒の特性がはっきりでてくる現象を連続体の力学や物理で説明しようとすると無理があり，それが非線形の壁になるのです。

現在，有限要素法は，スーパー・コンピュータの力を借りてこれらの非線形現象を解明する手法として脚光を浴びていますが，私はこの方法の限界を感じ，前述したような力学モデルを用いてその本質を究明していく方法を考えたのです。最近，数学の世界で，非線形現象を定性的に研究するための言葉としての数学が発展してきています。それが位相数学(topology)という分野です。これが発展してカタストロフィ理論というものが生まれました。

この理論は，世の中に起こる不安定現象はどういう状態になると発生するかということを定性的に説明しているのです。自然現象の定量的研究は一般的に困難でしょうが，固体に起こる破壊や崩壊などの不安定性を表現し得る剛体—バネ・モデルでシミュレーションを行うことで，その破壊または崩壊のメカニズム，すなわち固体に起こるカタストロフィをとらえることができると考えています。こういうことをやっていくと，トポロジとの結び付きがでてくるのではないでしょうか。世の中の現象は複雑な非線形特性をもったものが多く，それらの現象を定性的に理解することが，ものを設計するうえで第一にやらなくてはならないことだと私は考えております。

寺田物理学との接点

ここで私が述べてきたことは，実は寺田寅彦博士が提唱していた物理そのものです。「『自然は複雑であり，また単純である』といい，不安定現象の中の問題の本質を直感的にとらえ，快刀乱麻に物理解釈を施していくのが寺田物理学の真骨頂である。科学が数量化ばかりを目指し，定量的であろうという傾向を批判し，原子物理偏重の物理学を戒め，自然界の中に一義的に量的には計測し得ない現象があふれているから，それらを取り扱う別の物理学があってもよいという明確な主張のもとに『役にたつ科学』を標榜しようとして地球物理学に打ち込んでいった。このころの寺田の転向は漱石の死後の苦悩の中での人生観，世界観の形成が土台になっている」ということがある本[注2)]に書かれています。

これはまさに私も考えていたことで，破壊力学という学問は寺田寅彦博士がパイオニアだったのではないかと考えています。

粒の集団と連続体の挙動というものが統計的な手法をもって結ばれているということは，物理学を学んできた方々にとって自明のことでしょうが，エンジニアにはなかなか理解しにくい現象です。世の中の真理は一つの立場だけで説明しようとしてもどこかで壁にぶつかります。そのときにはヘーゲルの弁証法のように，正→反→合とその思想を発展させて真理に近づいていくのではないかと考えています。

特に若い人に言いたいのですが，われわれは詰込み主義のため自由にものを考えるという教育を受けてきていません。しかし，はみ出さなければ新しい理論やテクノロジは生まれないことは確かなのです。新しいものを開発し，新しい学問を展開していこうと考えるなら，飛躍がなければいけません。若い人の中からおおいに世界の科学技術をリードするような人が出てきてほしいと，私は考えています。とにかく創造力の涵養が大切です。新しい思想をいかに生み出すかということが，学問をそして世の中を進歩させていく原動力であるからです。

注1) セルロイドの下敷をうちわのように使うと，ボコボコ音を立てながら振動する。ステンレス板を張った台所の流しに熱湯をかけるとボコッと音がして変形し，しばらくするともとに戻る。このような不安定現象を，固体力学では飛び移り座屈とよんでいる。

注2) 宮田親平：「科学者たちの自由な楽園──栄光の理化学研究所」，文芸春秋社，pp. 135-137

流れのシミュレーション(2)

流れのシミュレーションの具体例として，車および球のまわりの流れ，室内空調など，3次元の流れを中心に考える。

桑原　邦郎*

◉図2は次ページ。

前回（88年7月号）は流れのシミュレーションの基本的な考え方を示したが，今回は具体例にふれてみる。

実用的な例として，車まわりの流れの例を取り上げよう。まず，**図1**に示すように，複雑な形状を忠実に表現する計算格子を生成しなければならない。この格子は，表面以外は代数的に分割して適当な補正をするという非常に単純な方法で作ることができる。流体解析では物体の表面近くの状況（境界層）が最も重要なので，表面上にできるだけ細かく格子点を密集させ，それ以外の領域では適当に省略する。

図1　車まわりのメッシュ分割図（521×50）

風洞実験で測定する場合，自動車は床の上に止まった状態であるため，床との相対速度がない。このような場合を計算したのが**図2**の例である。床が止まっているため，自動車の前に非常に強く大きい渦ができる。また，床の下面にも小さな渦が多くでき，それらが融合を繰り返し，最後に大きくなって後流を形成していく。ところが，走行状態では床が動いているので自動車との相対速度がある。このような状態を実験室で再現するのは非常に難しいが，計算では大変簡単にできる。**図3**に計算結果を示した。図2の場合と違い，この例では車の前の大きな渦がすぐ消えて，流れがスムーズに床下に入り込んでいる。実験でこのようなケ

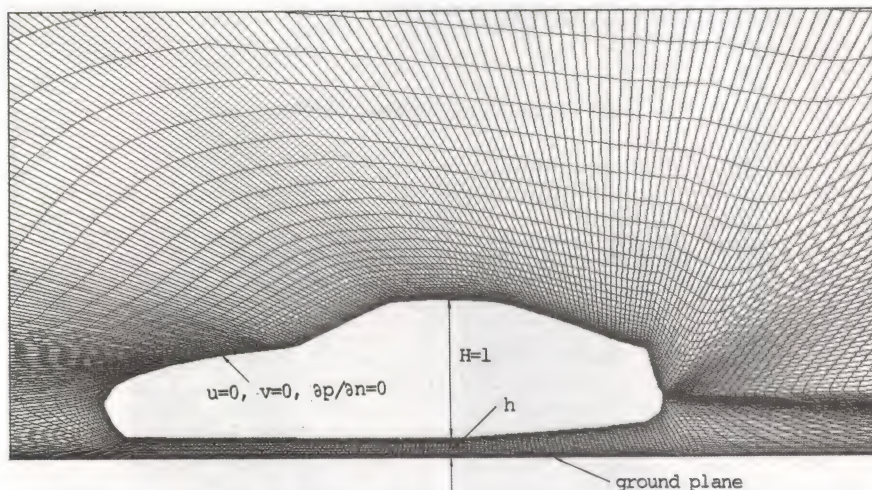
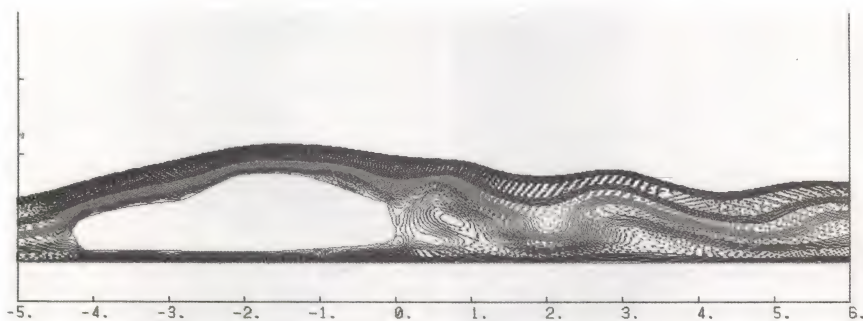



図3　車まわりの流れの流線図(移動地面)

*くわはら　くにお　　宇宙科学研究所　〒229　神奈川県相模原市由野台3-1-1

●図4，5はCOLOR IMAGES参照。

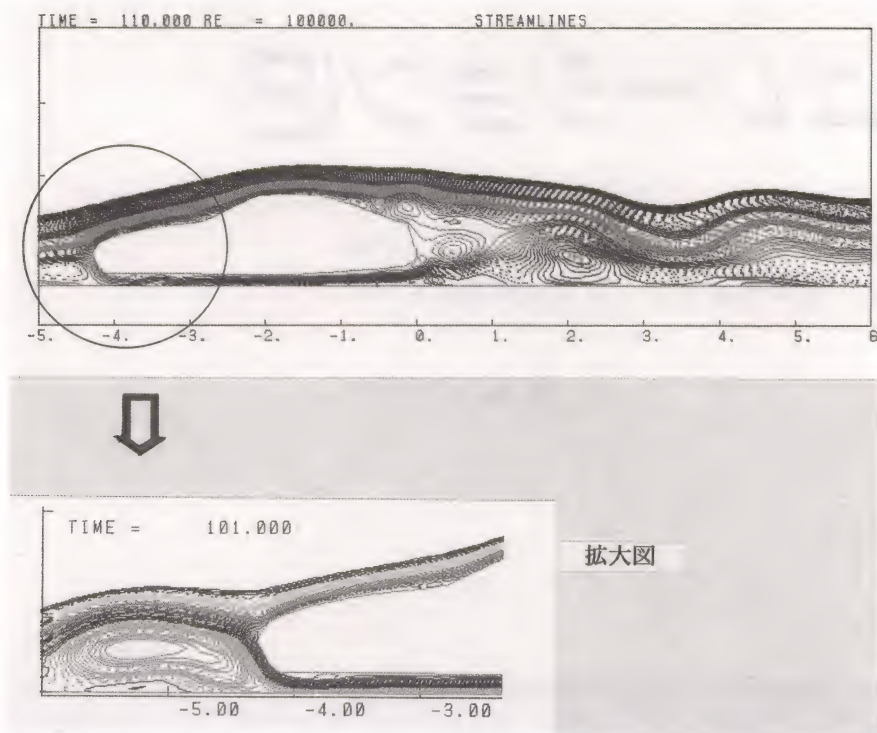



図2　車まわりの流れの流線図(固定地面)

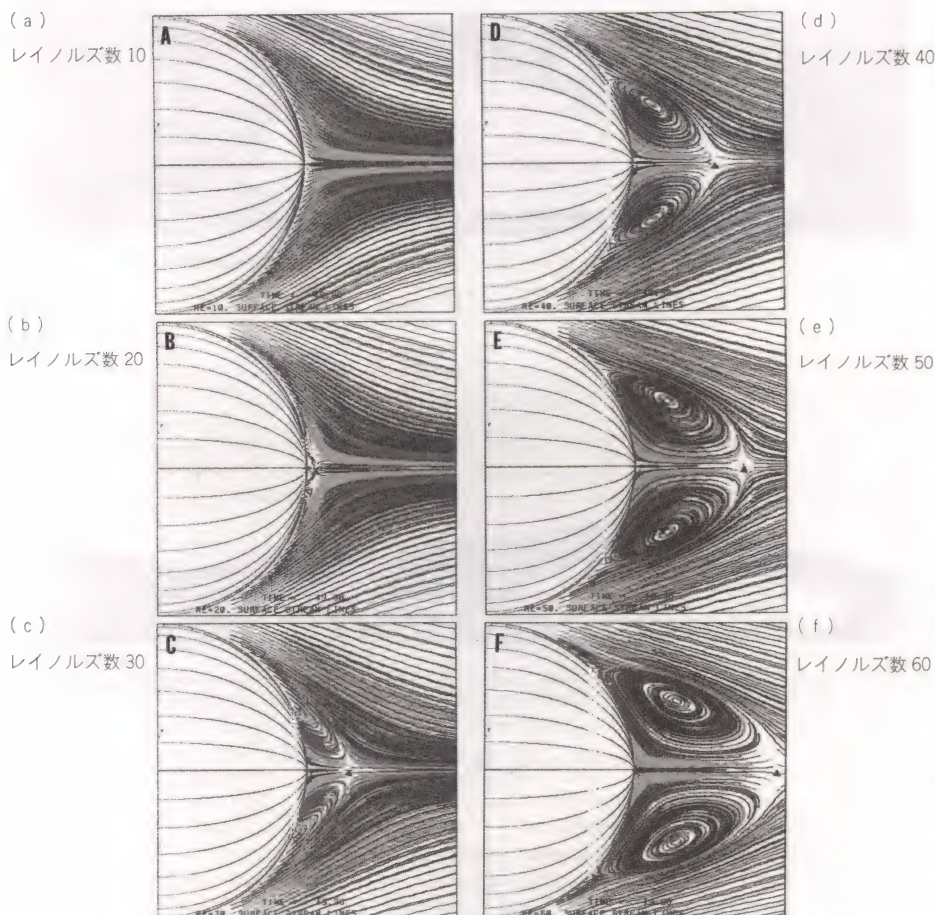



図6　球まわりの流れの流線図（1）

ースをシミュレートする場合はムービング・ベルトなどいろいろなテクニックを使うが，計算では境界条件を変えるだけでよい。いつも実験の方が計算より正確であるとは必ずしもいえないわけで，状況によっては計算の方がよいケースも数多くある。

以上は2次元の場合だが，3次元の場合になると難しいことも起こってくる。解くこと自体はそれほど難しくないが，自動車の形に沿ってきれいな格子を作ることはほとんど手作業に頼らざるを得ない。つまり，自動車の形状がいわゆる解析関数で表現できる類のものとは違っているし，その表面データは実際には自動車会社が持っているCAD用のシステムに組み込まれているから，そこから計算機側にデータを取り出さなければならないのである。そして数学的な補間をし，表面上の任意の点の座標を決定する。**図4，5**に3次元の場合の車まわりの計算結果を紹介しておく。

差分法で計算を行う場合に重要となるポイントがある。それは格子が原則として構造をもっていなければいけないということである。有限要素法の場合は非構造でもよいのだが，差分法の格子はどうしても構造をもつ必要がある。では有限要素法の方がよいかというとそうでもなく，この非構造性を補うために計算量が飛躍的に増大する。差分法と比較して，10倍，100倍と計算に時間がかかってしまい，有限要素法でこの種の問題をやることは現在のところ不可能と思った方がよいであろう。したがって差分法でやらざるを得ない。きちんとした構造をもったきれいな格子を実際の複雑な形状に合わせて作るということが，現在において最大の問題点である。それさえできれば，後はほとんど自動的に，計算時間さえかければできるレベルに到達していると思う。

本格的な3次元的流れの最も単純なものとして,球のまわりの流れ解析がある。計算結果を**図6**に示す。(a)は非常にゆっくりした流れ（レイノルズ数が10のとき）である。このとき後流側には渦が見られない。レイノルズ数を20にすると，小さな渦がわずかに見える状況になる。それから30になると渦がはっきりとで

てくる。そして，40になると完全に軸対称性を保ったきれいな渦が得られる。

さらにレイノルズ数を50,60としていくと，もちろん渦も少しずつ大きくなっていくのだが，ここで問題となるのは，この渦があるレイノルズ数以上になると必ず不安定になって崩れていくことである。つまり非常に複雑な運動に遷移していくわけだが，それがどこで起こるかという点をチェックすることが重要である。したがって，最初から軸対称性を条件の中に入れて解析すると全く駄目なので，この解析は3次元のナビエ・ストークス方程式を解いている。レイノルズ数100〜500のケースを**図7**に示す。レイノルズ数が100の場合，渦はかなり大きくなっているがまだ安定している。200の場合も同じように渦はまだきれいにできているし，軸対称性が非常にきれいに保たれているように見える。それから**図8**は抵抗値の時間変化だが，よくみると細かく振動していることがわかる。これは剝離した渦が微妙に揺れ動くためだが，まだ崩れて複雑な形状にはならないというレベルである。

これまでの例はすべてその渦の大きさや位置などの実験値とも比較しているが，値が少し違っているのは実験でのデータの測定方法の方に問題があり，計算値としては最も信頼できるデータだと思う。この程度のレイノルズ数では実験より計算の方が能率もはるかに良いし，精度も高いというレベルに達している。レイノルズ数が500くらいになると，初期のころはほぼ軸対称性を保っているが，時間が経つと崩れてしまう。そして，かなり複雑な3次元的な状況になってくる。したがって，500になると完全な非定常的な運動になる。

また，さらに大きいレイノルズ数10^5のケースまで計算している。これは完全に非定常で複雑な運動である。この計算は史上最大の計算といってもよいと思う。格子点は200×150×100＝3,000,000点とっている。計算時間はスーパー・コンピュータVP-200で約200時間かかっている。左から右に流れが当たり，初め滑らかな渦流であったものが中央部分で流れが剝離し，乱流に遷移していく様子が，表面上の圧力分布を見ることによっ

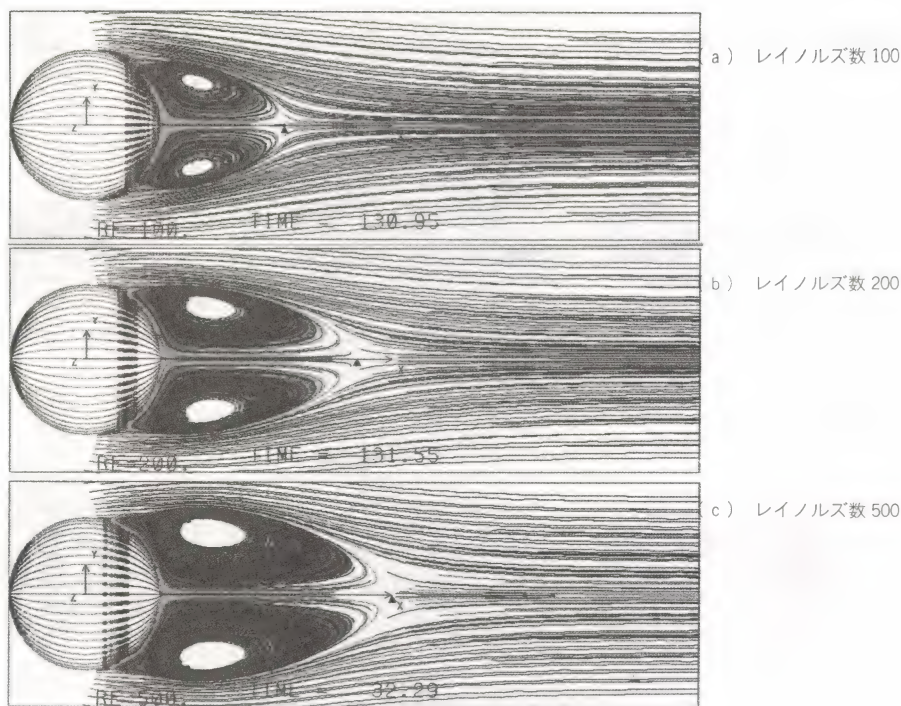



図7　球まわりの流れの流線図（2）

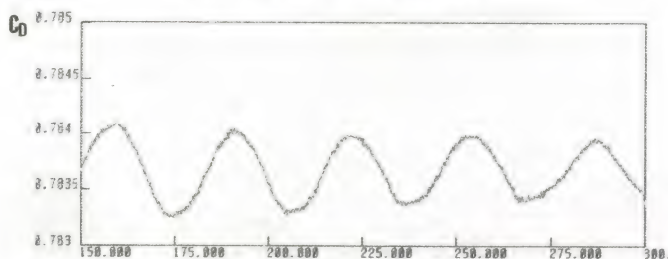



図8　抵抗値C_Dの時間変化

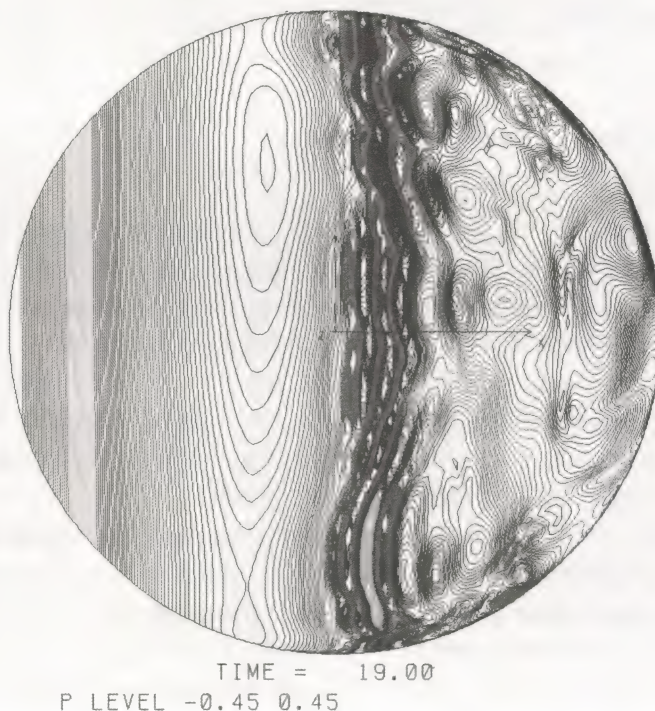



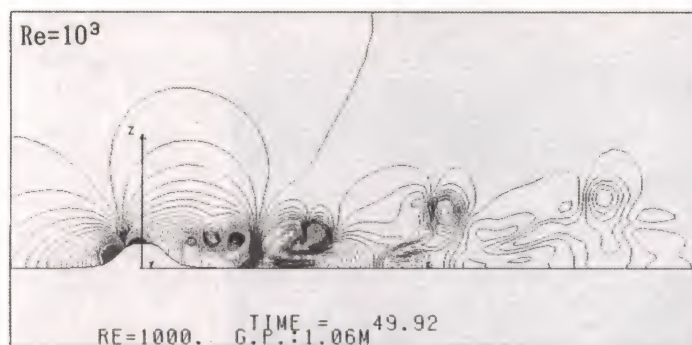
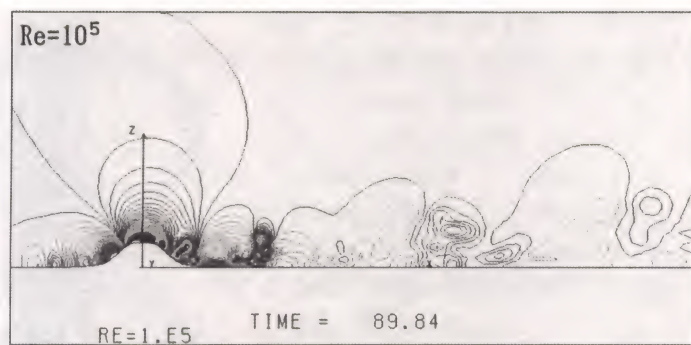
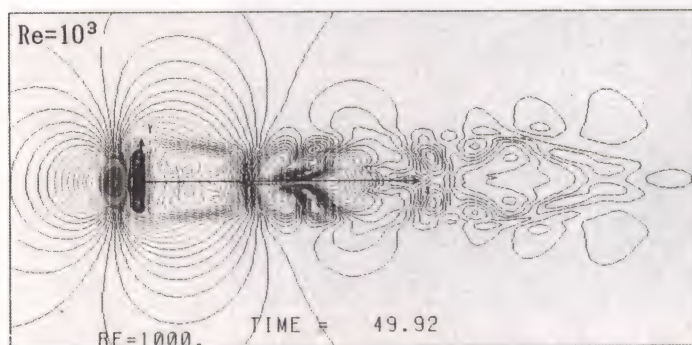
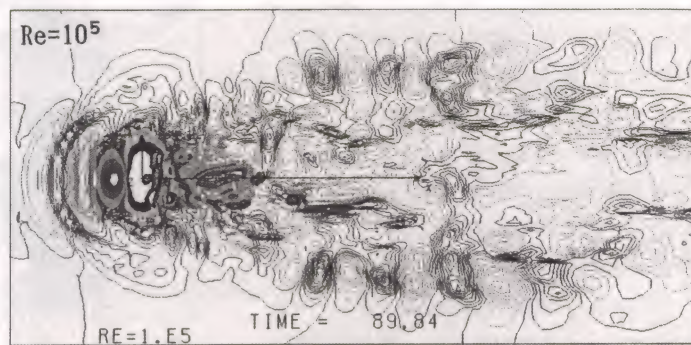
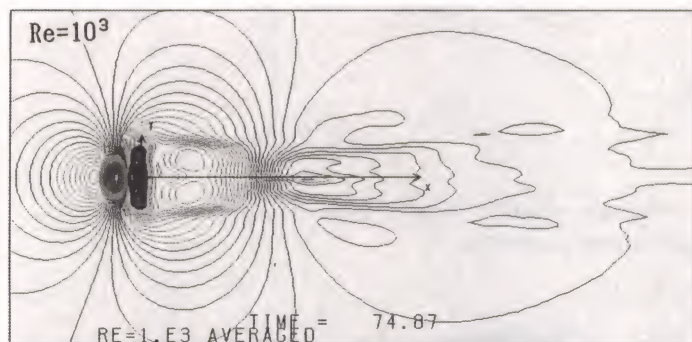
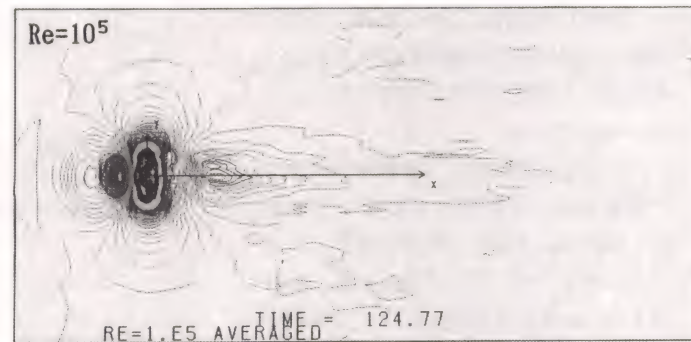
図9　球表面上の圧力分布（レイノルズ数10^5）

（a） 中心面での圧力分布

（b） 床面での圧力分布

（c） 床面での平均圧力分布

図10　Bell-Shape を過ぎる流れ（レイノルズ数 10^3）

（a） 中心面での圧力分布

（b） 床面での圧力分布

（c） 床面での平均圧力分布

図11　Bell-Shape を過ぎる流れ（レイノルズ数10^5）

て示されている（**図 9**）。

これくらい手間をかければ，かなりフィジックスがみられる。実用計算として毎日設計に使うにはまだ向かないかもしれないが，基本的にこういうことができるということが明らかになった。後は計算機の計算速度が速くなればよく，100倍のスピードになればこの計算は2時間でできる。これがいずれ実用化するのはたぶん間違いないと思われる。

次は，山の形（Bell-Shape）の場合である。地面の上にある山に流れが当たったらどうなるか，という状況をシミュレートしている。レイノルズ数が10^3と10^5の場合の違いを調べた。レイノルズ数が大きくなるにつれて流れの変動は大きくなる。非常に高いレイノルズ数では，いったん剝離した流れが再付着を起こすため，平均流をとると後流はかえって狭い範囲に収まってしまうという現象がとらえられている（**図 10，11**）。**図 12** は，レイノルズ数10^3の場合の渦度線の時間変化を示している。

図 13 は斜め切断面をもつ円柱を過ぎる流れで，自動車のハッチバックのモデルとして有名な問題であり，すでに多くの研究がなされている。この問題の特徴は，切断面の角度が45°付近で抵抗が特異的に変化するということである（**図 14**）。この現象をシミュレーションによってとらえることに成功し，そのメカニズムが流れの可視化によりはっきりした。45°より斜めになると馬蹄形の渦が切断面に貼り付いて大きな抵抗になるのに対して（図 13(a)），45°より垂直に立つと全体から渦が剝離し，かえって抵抗が小さくなる（図 13(b)）。この計算に用いた格子点数は10^5点強であるが，実験と十分比較し得る結果が得られた。

次は室内空調の場合である。単なる部屋なら幾何学的にみて比較的単純な形状なので，格子を作るのはやさしいことなのだが，部屋の中に机や椅子などがあったりすると難しい問題になる。それは，このような所は座標系を作るのがなかな

●図12, 13, 16はCOLOR IMAGES参照。

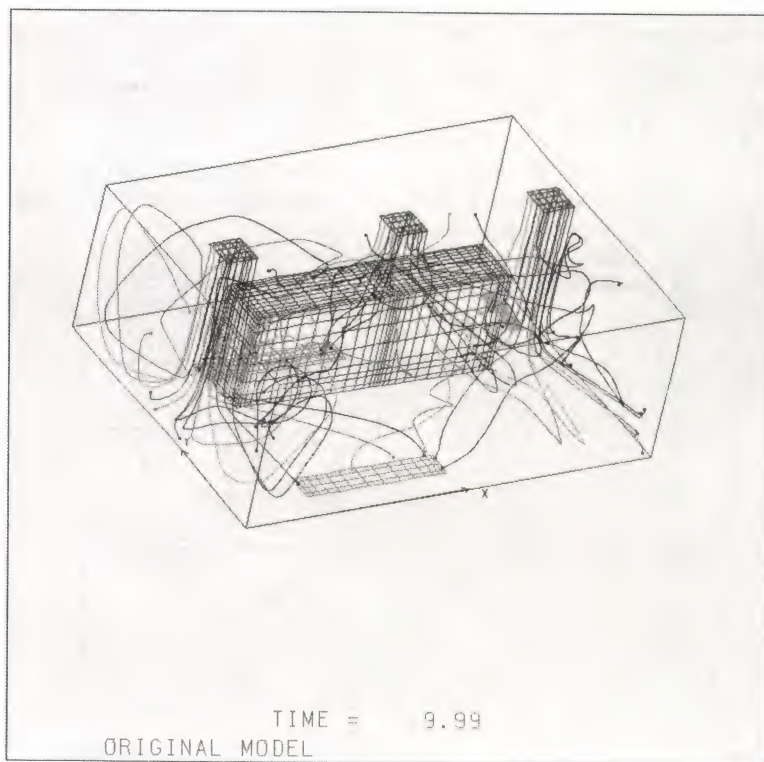



図15 室内空調のパーティクル・パス

かうまくいかないからである。これはいわゆる一般座標系で格子を作るときに最も苦心させられる点の一つである。そこで，きれいにこれを覆い尽くすような座標系を作るのはあきらめ，その部分はグリッドを抜いてしまう。しかし，やはり物体表面の取扱いが大切なので，できるかぎりそこにグリッドを集める。**図15**は室内を斜め方向から見た図で，天井に吹出し口，床に吸込み口があり，室内に物がある場合のパーティクル・パスである。吹出し口からパーティクル・パス（重みのない仮想粒子）を飛ばしたとき，それがどのように動いていくかをみたものである。このような非定常な動きは動画にするとよくわかるのだが，データ量が莫大になるので現状ではなかなか難しい。この解析手法は，クリーンルームの解析でも使える手法である。一般座標系では普通グリッドを抜くことはあまりしたくないのだが，ある程度以上複雑になってくると，このようなことも必要となってくる。これはその一例である。

以上は，流速が音速に比べて遅い非圧縮性の流れであったが，音速に近いかあるいは音速以上の流れでも，基本方程式を圧縮性のナビエ・ストークス方程式にすることによってとらえることができる。**図16**は，3次元翼まわりの音速に近い速さの流れを求めた例である。翼表面上とそれに垂直な2断面上の等圧力線を可視化している。部分的には超音速になっていて，それによる衝撃波がとらえられている。

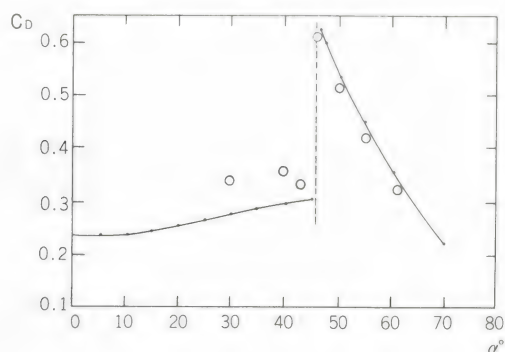



図14 切断面の角度αによる抵抗係数C_Dの変化
（実線：Morelによる実験結果，○：計算結果）

流れ解析ではナビエ・ストークス方程式という確立した方程式があるので，その方程式を正しく解けば，流体現象のかなりの部分が計算でわかるような状況になってきた。コンピュータの性能も飛躍的に向上しており，計算手法自体もレイノルズ数が高い複雑な流れをかなりとらえられることが確かめられてきたので，今後われわれがなすべきことは，いろいろな具体的な問題に適用して流体のいろいろな現象を理解していくことではないかと思う。

ここで重要なのは，スーパー・コンピュータの発達のおかげで計算結果はいくらでも得られるが，人間がその結果を判断し，流れの現象を理解するのはそう単純なことではないということである。膨大なデータの中から本質的な部分を見つけ出すのは，流れをいかにうまく可視化するかが重要となる。計算結果の可視化法は流れの計算法と全く同じ重要性をもっているということを忘れてはならない。われわれにとってのコンピュータ・グラフィックスは，流れの本質をいかにわかりやすくとらえるか，という目的のために存在する。

これまで述べてきたような計算は，毎日何十回も繰り返すには少し多過ぎるものばかりであるが，これはコンピュータの能力の問題であり，コンピュータのコスト・パフォーマンスは今度どんどん良くなっていくので，近い将来，日常的な設計でも十分使えるレベルになると思う。コンピュータは信じられないスピードで進歩している。前述した計算の主なものは，富士通VP-200(570 MFLOPS)および日本電気SX/2（1.3 GFLOPS)で行ったものである。また日立製作所は2GFLOPS（VPの4倍のスピード）のコンピュータS 820/80を発表しており，昨年の暮れに東京大学に納入されている。そのコンピュータを使うと，これまで100時間かかった計算は25時間で，10時

間かかった計算は2時間半ですんでしまう。そしてもう一世代，もう数年経って同じようにコンピュータの性能が上がれば，現在大変な手間をかけて計算しているものが，日常的に難なく，毎日何ケースもの計算ができるという時代がくると思う。そうなると，流体力学におけるシミュレーションの優位性が，他の研究手段に比べて特に目立ってくるのではないかと思われる。

参考文献

1) M. Hashiguchi, T. Ohta, K. Kuwahara : "Computational Study of Aerodynamic Behavior of a Car Configuration", AIAA-87-1386, 1987
2) S. Shirayama, K. Kuwahara : "Patterns of Three-Dimensional Boundary Layer Separation", AIAA-87-0461, 1987
3) M. Suzuki, S. Shirayama, K. Kuwahara : "Flow Past a Bell-Shaped Obstacle", the American Physical Society, Division of Fluid Mechanics 40th Annual Meeting, 1987.
4) T. Morel : "The Effect of Base Slant on the Flow Pattern and Drag of Three-Dimensional Bodies with Blunt Ends", Aerodynamic Drag Mechanisms of Bluff Bodies and Road Vehicles, 1978
5) K. Tsuboi, R. Himeno, S. Shirayama, K. Kuwahara : "Computational Study of the Effect of Base Slant", AIAA-86-1054, 1986
6) K. Tsuboi, S. Shirayama, M. Oana, K. Kuwahara : "Computational Study of the Effect of Base Slant", Proceedings of Second International Conference on Supercomputing in the Automotive Industry, 1988 (to be submitted)
7) K. Fujii, S. Obayashi : "Practical Applications of New LU-ADI Scheme for the Three-Dimensional Navier-Stokes Computations of Transonic Flows", AIAA-86-0513, 1986
8) 白山 晋，桑原 邦郎：「流れのシミュレーション結果を可視化するシステム」，日経CG創刊前，秋号

訂正：前回の流れのシミュレーション(1)で，図6において誤りがありましたので訂正します。

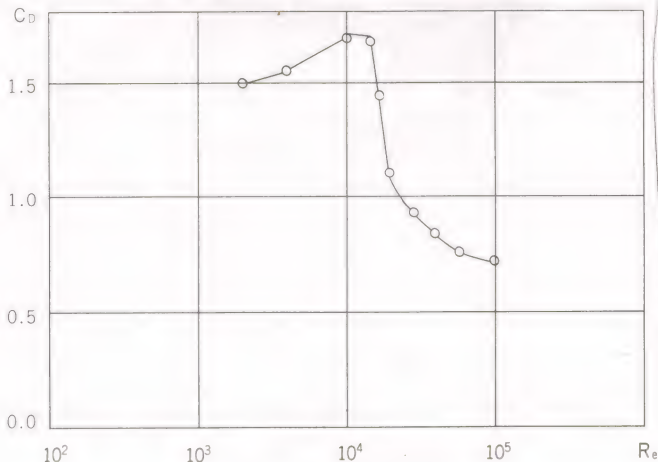



図6 計算によってとらえられたドラッグ・クライシス
（抵抗係数 C_D の急減現象）

BIBLIOGRAPHY

3次元シミュレーション技術 設計・製造の支援手法

編/川辺真嗣
著/松家英雄，嶋田憲司，吉田武稔，川辺真嗣，岡野彰
発行所/工業調査会
☎ 03(817)4701
初版発行日/昭和63年6月10日
定価/2,500円
判型/A5判
ページ数/201ページ

本書は，製品の設計，生産活動を支援するための3次元シミュレーションの具体的な技術について，基礎から最先端の技術に至るまでをシミュレーション・システム開発者の立場に立って解説してある。

具体的例題として産業用ロボットを例に解説している。ロボットを取り上げた理由として編者は，ロボットは3次元的に動く機械として複雑であるため対象として興味深いこと，さらには実際の生産現場でも最近ではFA実現のためになくてはならない構成要素として重要であることを考え合わせると，3次元シミュレーション技術を説明するための対象として最適であるからと述べている。しかし，本書で解説されている技術はロボットのみならず，広く他の対象に適用できるものである。

本書は，ロボットのシミュレーションによるプログラミングとしては最初のものという。実際にどう使うかということよりも，どう作るかについて基礎から最先端の研究結果まで，初心者にもよくわかるようにやさしく説明されている。この分野の研究者だけでなく，ロボット工学を志す学生にも大変参考になる書である。

本書は8章からなり，各章は次の通り。◎ロボットのプログラミング◎3次元座標変換◎ロボットの運動機構学◎ロボットの作業環境モデル◎3次元コンピュータグラフィックス◎ロボットプログラミングとシミュレーション◎衝突チェックと衝突回避◎これからのプログラミングシステム

分子グラフィックスの最新動向
――MGS88に参加して――

国際分子グラフィックス学会の年次総会が，本年8月中旬にサンフランシスコで開催された。会議の模様と，この分野の最近の動向を報告する。

中村　春木*

展示場入口にて

はじめに

コンピュータ・グラフィックスの応用により，分子図形の表示・生成・操作を行う技術は，特に分子グラフィックス(molecular graphics)とよばれている。分子グラフィックスは表示の方法論の学問であるが，その技術は化学・薬学・生物学の各学問領域と密接につながっており，広い分野の研究者や学生が興味をもって利用している。

これら研究者の国際的な学術組織として，国際分子グラフィックス学会が1981年に設立され，以後活発な活動を続けている。この学会の機関誌として「Journal of Molecular Graphics」がButterworth Scientific社より出版されている。もともとこの学会は，英国の国内的組織が発展してできたものであり，学会の年次総会は従来ほとんど英国内で開催されてきた。本年は，特に米国サンフランシスコで年次総会が開かれ，従来になく盛大な会議となった。筆者は数年前にこの学会の会員となり，今回の年次総会にも参加したので，その様子を報告すると同時に，この国際学会を紹介したい。

1988年の分子グラフィックス学会年次総会は，米国サンフランシスコのCathedral　Hillホテルにおいて8月10～12日の3日間にわたり開催された。学会は，口頭発表による全体会議とポスターの発表からなり，別に8月10～11日の2日間にソフトウエアおよびハードウエア会社の展示発表も行われた。参加者は450名弱であり，圧倒的に米国内参加者が多かったが，ヨーロッパ，日本，中国からの参加者も目立った。企業からの参加者と大学などアカデミックな組織からの参加者数は，ほぼ同数であった。

会議は，以下の7つのセッションで，数人ずつ話題を提供するかたちで行われた。

1. Molecular surfaces and Visualization techniques（分子表面とその表示法）
2. Electrostatics（分子の静電物性とその表示）
3. Drug design I　（薬物設計I）
4. Drug design II　（薬物設計II）
5. Interactive systems and Techniques（対話型システムとその技術）
6. New directions and Applications（新たな方向と応用）
7. Molecular dynamics（分子動力学法）

新しい分子表面の表示法

第1のセッションでは，ラスター型3次元グラフィック・システムで分子のソリッド・モデルを表示する手法が，主に述べられた。特に，スクリプス・クリニック研究所のアーサー・オルソンのグループが発表した分子や電子雲のソリッド・モデル表示は美しく，Z方向のクリップ時にもソリッド物体（ここでは原子や電子密度）の内部断面切り口が見られ，応用性の高い手法のように思われた。静電位や電子密度を，半透明の「雲」のように表示する方法も印象的であった。

一方，主催者であるUCSF（カリフォルニア大学サンフランシスコ校）のトーマス・フェリンとロバート・ラングリッジのグループは，グレゴリー・パッチを利用して，リアルタイムで滑らかな表面形状を操作し得る手法を開発している。

第2のセッションでは，表示法というよりはむしろ静電物性[*1]に関する計算アルゴリズムに関しての討論が行われ，日本からも筆者とNECの高田俊和博士が発表を行った。招待講演として，ベルギーのショシャナ・ウォダーク博士が，原子分極に由来する誘起双極子モーメントの寄与を従来の分子力学計算に含める新

＊なかむら　はるき　　蛋白工学研究所　第2研究部　〠565　大阪府吹田市古江台6-2-3

図1 （左から Chemican Design 社，Biodesign 社，Tripos Associates 社，Biosym Technologies 社の各代表によるパネル・ディスカッション。中央のラフな服を着ているのは，司会を務めたアーサー・オルソン博士。）

図2 （左から Sun Microsystem 社，Stellar Computer 社，Silicon Graphics 社，トーマス・フェリン博士，Evans & Sutherland 社，Ardent Computer 社によるパネル・ディスカッション）

しい手法を紹介していた。しかし，はるかに大きな効果のある溶媒効果が考慮されておらず，この分野での精密な計算法の確立が急務である。

合理的な薬物設計法

第3／第4のセッションでは，分子グラフィックスを利用した薬物設計・分子設計の話題が取り上げられた。従来の薬物設計のイメージは，コンピュータ・グラフィックスの画面に向かって利用者が直感的に薬物分子を受容体*2に合致させる操作を行うものであった。しかし，実際にこの操作を行ってみると，慎重に操作すればするほど多くの可能性が生じ，設計の合理性・正当性が主張できなくなる。薬物設計・分子設計に関しては，毎年，年次総会でセッションが開かれているが，今年の年次総会における特徴は，これらの問題点を踏まえて，いかに合理的な薬物設計・分子設計を行うかに重点が移行していたことであろう。なかでも，デュポンのジェフリー・ブラニー博士の招待講演は，薬物分子と受容体の合理的な複合体構造予測に，NMR による分子構造再構築で威力を発揮しているディスタンス・ジオメトリ法*3を駆使しており，注目を浴びた。他の演者も，分子の形や静電相互作用および疎水性などの相補性と水素結合ネットワークを自動的に最適化する工夫を述べており，その意味では，もはや薬物設計・分子設計は，コンピュータ・グラフィックスそのものとのかかわりが減少しつつあるといえよう。

スーパー・コンピューティング・グラフィックス

第5のセッションでは，スクリプス・クリニック研究所のマイケル・パイクが，3次元グラフィックス搭載のスーパー・ミニコン（ワークステーション）を「スーパー・コンピューティング・グラフィックス」と名付け，現状と分子グラフィックスへの今後の期待を述べた。OS は UNIX が台頭しており，グラフィック・インタフェースとして PHIGS+，PEX，Doré が多く使われつつある。C 言語が標準となりつつあるが，FORTRAN 77 も依然として利用されている。ネットワークは，Ethernet，TCP/IP から光ファイバ・リンク，OSI へと移行しつつあり，また機種に依存しない標準的な浮動小数表現（IEEE など）が使われていくことになろう。グラフィックスに関しては，ダブル・バッファをもった立体視化や，ビデオ記録機材への出力信号をもつことが強く望まれる。また，3次元ラスター装置ではほとんど実現されていないカラーの混色化（3次元空間の同一点に重なる複数の異なる物体は，その点で色が混じること）や，分子グラフィックスで特に有効であるドット表示のため「メガ・ドット」（100万の点をリアルタイムで動かせること）機能の要求が強調されていた。

第6のセッションでは，分子グラフィックスのパイオニアであるロバート・ラングリッジがその歴史をレビューし，近い将来の展望を行った。今後の展開としては，やはりワークステーションの進出が注目され，数値計算および AI 的な論理計算が密接にグラフィックスと結合した使われ方がなされるとしていた。また，コンピュータ・グラフィックス・アートでは，最も重要と考えられているリアリズムに関して，分子グラフィックスがあまりのめり込まないよう注意を与えていた。

第7のセッションでは，分子グラフィックスというよりむしろ計算アルゴリズムの話が中心であり，ここでは省略する。

パネル・ディスカッションと展示

以上の全体会議の合間に，競合するソフトウエア／ハードウエアのメーカーの代表を集めたパネル・ディスカッションが行われ，興味深かった。

8月11日の午前に，アーサー・オルソンを司会者として，Chemical Design 社，Biodesign 社，Tripos Associates 社，Biosym Technologies 社の4社の代表が一堂に会し，各社の分子モデリング用ソフトウエア製品の紹介やデモの後，利用者である聞き手との質疑応答を行った（**図1**）。利用者側からの不満に答えるように，信頼できる分子力場パラメータ*4が用意されていること，利用者のアプリケーション・プログラムを接続できること，統計処理などのユーティリティが整っていること，どのハードウエア，どの OS（UNIX または VMS）でも動くこと――などを各社とも宣伝していた。しかし，各社の製品の特徴がはっきりしなくなり，利用者としては良い意味でどのソフトウエアを導入したらよいか迷うことになろう。

8月12日には，トーマス・フェリンを司会者として，コンピュータ・グラフィックスのハードウエア・メーカーである Ardent Computer 社，Evans & Sutherland 社，Sun Microsystem 社，Silicon Graphics 社，Stellar Computer 社の5社の代表がパネル・ディスカッションを行った（**図2**）。Evans & Sutherland 社を除く各社が，5万ドル程度の価格帯で

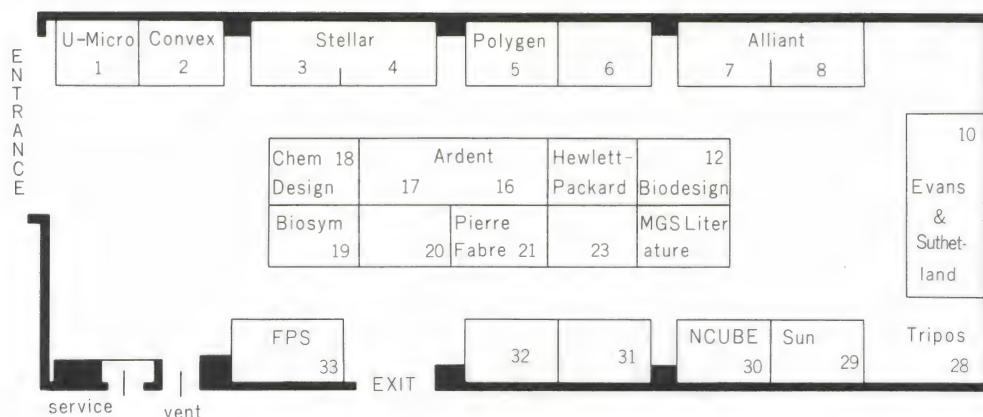



図3 MOLECULAR GRAPHICS SOCIETY EXHIBITION-8/10-11/88

の高機能性ワークステーションを目指しているのに対し，Evans & Sutherland 社が「グラフィックス専用マシンの利点」をあげて機種の差別化を主張していたことが注目された。確かに，現在市販されている製品で比較してみると，3次元グラフィックス機能そのものの完成度は，ワークステーションはあまり高くない。ワークステーションにおける高速演算機能と3次元グラフィックス機能を，どのようにバランスをとりながら発展させていくのか，今後注目していきたい。

以上の9社を含む16のソフトウエア／ハードウエア・メーカーが常設の展示場で，最新機種のデモを行っていた(**図3**)。やはりQUANTAを搭載したStellar Computer社のモデルGS1000や，BIOGRAFが動き始めたばかりのArdent Computer社のTITANなど，最新のワークステーション（スーパー・コンピューティング・グラフィックス）に人気が集中していた。

おわりに

今回の会議を振り返ってみると，ハードウエアに関してはスーパー・コンピューティング・グラフィックスに話題が集中し，表示法に関してはソリッド・モデルのリアルタイムな表示・操作への指向がみられたことが印象的であった。計算アルゴリズムに関しては特に目新しい進展はなく，AIの利用に関しても注目すべき発表がなかったのは少し残念であった。

以上のように，かなり良質で最新の情報が得られるにもかかわらず，日本からの参加者は5名程度であり，もったいない気がした。比較的安価な年会費（22ポンド）でこの国際分子グラフィックス学会の会員になることができ，各種会合の情報や機関誌を無料で受け取れるので，日本からもっと多くこの学会に参加することを希望する。ちなみに，来年は1989年3月29〜31日にスコットランドで開催される予定ということである。

学会についての問合せは，筆者，あるいは学会秘書のDr.R.E.Hubbard, Dept. Chem., Univ.of York, York, YO1 5DD, U.K.に直接連絡してほしい。

Closing remark by Dr. T. Ferrin

＊1：一般に，分子の化学反応はその静電的性質によって支配されている。生体高分子の場合もその機能と構造形成にとって重要な要因であるが，分子量が大きいため全系を量子論で扱うことができず，計算による解析には多くの仮定をおかざるを得ない。従来は原子位置に部分電荷を置くだけであったが，最近は各原子に原子分極率を割り合て，分子の他の部分による電場によって生じる誘起双極子モーメントを取り込む計算も行われ始めた。また，誘電率の大きな溶媒（水）に囲まれているため，高分子が作る電場が溶媒を分極した結果としての反作用場を溶媒効果として考慮する必要もある。

＊2：薬物などの外来物を特異的に認識・結合し，生体になんらかの応答を引き起こさせる構造のこと。細胞膜上の膜蛋白質であることが多く，この受容蛋白質に薬物がうまくはまり込むように設計することが計算機支援による薬物設計（CADD）の目標である。

＊3：複数の点の間にある相互の距離の情報だけがある場合に，各点の相対的位置座標を再構成する数学的手法。最近では，NMRによって観測される水素原子間の距離情報から，蛋白質や核酸などの生体高分子構造を再構成する手法が提案され，広く使われている。

＊4：生体高分子の分子構造をシミュレートする場合，分子の立体構造に伴うポテンシャル・エネルギーを古典的に記述した「構造エネルギー関数」を用いるが，この関数中に使われる係数などのパラメータのこと。赤外・ラマン分光などの実験や低分子に対する量子化学計算の結果から決められる。

連載

Cプログラミングを用いたレンダリング・ソフトの実践シリーズ〔3〕

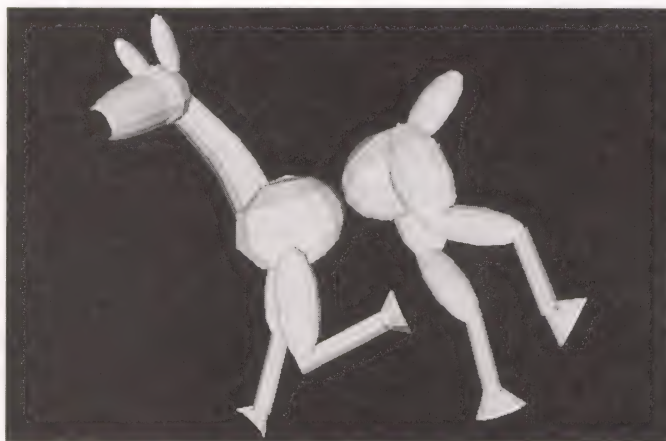
前回のワイヤーイメージに光と隠面消去を付け加え，フラット・シェーディング・イメージを作成するデプス・バッファのソース・プログラムについて解説する。

出渕　亮一朗*

debut ver.1 の概要

今回は，前回のワイヤー・イメージ作成プログラム debut ver. 0 を発展させた単純なポリゴン・サーフィス・イメージを作成するプログラム debut ver. 1のソース・プログラムの解説をする。

ver. 1はオブジェクトの各ポリゴン表面の色をマテリアルや光を考慮して決定し，1面をすべて同一の色として塗りつぶし，スムーズ・シェーディングを考えないポリゴン・イメージ（フラット・シェーディング）を作成するものである（いわゆる初期のコンピュータ・グラフィックス（CG）的な角ばった彫刻的なイメージが出来上がる）。

前回と同様，構造データ.str を読み込み，今回は RGB カラーデータである.rgb を出力する。.str には今回からは光データ.lit が少なくとも1つは必要であり，また，マテリアルのためのデータ格納庫である.mat も必要である。各.obj にはカラーデータへのタグ MT が必ず取り付けられていなければならない。.rgb は第1回目に定義したように，先頭にデータ識別子，データ x, y サイズのつけられた RGB カラーデータである。今回もこの.rgb は一般形としてファイル出力されるので，読者各自のコンピュータのグラフィックス機能に合わせて，そのデータを直接モニター出力して目に見えるかたちにするツールは各自研究してほしい。

ソース・プログラムの利用法は次の通りである。

- ver. 0のヘッダ wire. h の代わりに，今回はそれをバージョンアップした surf. h を使用する。
- main( )を今回，再定義する main( )に置き換える。
- それ以外，前回定義した関数群はそのまますべて利用する。ただし，バージョンアップに伴った変更が2, 3あるのでその部分は修正してほしい。それは——ReadObj(　)の中の MaterialFileProcess (line)に MaterialFileProcess (line, op)と op を付け加える。

LocalMatSet ( )のはじめの if 文を，if(ts->type＝WORLD｜｜ts->type＝DAMMY｜｜ts->type＝LIGHT)と LIGHT を付け加えて変更する。

もう一つ，第1回目のデータ定義でポリゴンの法線の正の向きは，データ頂点の左回り（反時計回り）であると定義したが，これを右回り（時計回り）に変更することにする。（実はどちらでもよいのだが，ちょっとしたこちらの都合があるので……）。そのため，第1回目の（例2）のデータの SF もすべて逆にして考えてほしい。面の向きというのは大切である。裏向きのポリゴンは見えないものとして消去する機能がプログラム内に含まれて

*でぶち　りょういちろう　〒154　東京都世田谷区三宿1-15-11　コート世田谷101

いる。これは，オブジェクトの普通，当然見えないはずの面の計算をはじめからしないことにより処理の高速化を図るためである。そのためもしも，オブジェクトの各ポリゴンをすべて裏向きにしているとイメージとして不自然なものができてしまい，それに気づかないことがよくある(わざとやっているのならかまわないのだが…)。これは間違えやすいので注意してほしい。前回はプログラムの解説をかなり省略したので，今回はもう少し詳しく説明していこうと思う。

表面色の決定

Surface Polygon Process( )が前回の ver. 0 の WirePolygonProcess( )に対応するものである。前回は各ポリゴンの座標変換を行ってワイヤー出力を行うだけであったが，今回は各ポリゴンを y-スキャン・コンバートしてRGBのカラー・バッファの中に書き込んでいく。

はじめに視野変換後の視点ピラミッド内のポリゴンを考える。座標 (0,0,0) は視点にあたる。CalPolygonCenter( )でポリゴンの中心（重心）を，CalPolygon-Normal( )でポリゴンの法線ベクトルを計算している。ポリゴン面の表向き法線ベクトルは，ポリゴン頂点座標(x_i, y_i, z_i) $(0 \leqq i < n)$ がポリゴンを表側から見たとき反時計回りの順序で記述されている場合，法線ベクトル $\boldsymbol{N}$ は次式で与えられる[1]。

$$\boldsymbol{N}=[N_x\ N_y\ N_z]$$
$$N_x=\sum_{i=0}^{n-1}(y_i-y_j)(z_i+z_j)$$
$$N_y=\sum_{i=0}^{n-1}(z_i-z_j)(x_i+x_j)$$
$$N_z=\sum_{i=0}^{n-1}(x_i-x_j)(y_i+y_j) \quad (1.a)$$

ただし，$i \neq n-1$ なら $j=i+1$，$i=n-1$ なら $j=0$ である。単位法線ベクトルは

$$\text{norm}=\boldsymbol{N}/\sqrt{N_x^2+N_y^2+N_z^2} \quad (1.b)$$

ここで決定される法線ベクトルは，ポリゴンの表面色の決定に利用される。CalPolygonColor ( )でのポリゴン表面色の決定は，Phong の濃淡付けモデルとして次の式で表される[2]。

$$\text{Color}=\text{ambient}+\text{diffuse}(\boldsymbol{L}\cdot\boldsymbol{N})+\text{speculer}(\boldsymbol{R}\cdot\boldsymbol{E})^{\text{exp}} \quad (2)$$

ambient は環境光であり，まわりの空間からの照り返し光である。これは通常，一定値が与えられる。diffuse は拡散光による濃淡付けである。よく知られているように，面の明るさは法線 $\boldsymbol{N}$ と光ベクトル $\boldsymbol{L}$ との $\cos\theta$ に比例する。

$$\cos\theta=\frac{(\boldsymbol{L}\cdot\boldsymbol{N})}{|\boldsymbol{L}||\boldsymbol{N}|}$$

であるので，$\boldsymbol{L}, \boldsymbol{N}$ の大きさが 1 なら(2)の形となる。

speculer は反射光を考慮したモデルに含まれる。speculer の意味は光源がオブジェクトに映り込んでいるのだが，完全な鏡面反射でない場合の経験的モデルである。もし光源が球であるなら，映り込む光は明るい中心をもつぼーっとした円になるはずであるから，$\cos^n\alpha$ の式で近似しているのである（n は通常 1～200)。

$\boldsymbol{R}$ は光ベクトル $\boldsymbol{L}$ のポリゴン表面での反射光のベクトル，$\boldsymbol{E}$ はポリゴン中心と視点を結ぶ方向ベクトルである。Speculer( )は speculer 値を計算しているのだが，**図1** を使って少し詳しく説明する。図のように $\boldsymbol{N}$ に直角なベクトル $\boldsymbol{A}$ を考えると，

$$\boldsymbol{A}=k\boldsymbol{N}-\boldsymbol{L} \quad (3)$$

（k は適当な係数）

$$(\boldsymbol{A}\cdot\boldsymbol{N})=0 \quad (4)$$
$$(kN_x-L_x)N_x+(kN_y-L_y)N_y+(kN_z-L_z)N_z=0$$
$$\therefore k=(\boldsymbol{L}\cdot\boldsymbol{N})$$

これと (3) より $\boldsymbol{A}$ が求まり，

$$\boldsymbol{R}=\boldsymbol{L}+2\boldsymbol{A}=2(\boldsymbol{L}\cdot\boldsymbol{N})\boldsymbol{N}-\boldsymbol{L} \quad (5)$$

と $\boldsymbol{R}$ を求めることができる。

前述したように，裏向きのポリゴンは消去されている。これが backfacing polygon removal である。**図2** に示すよ

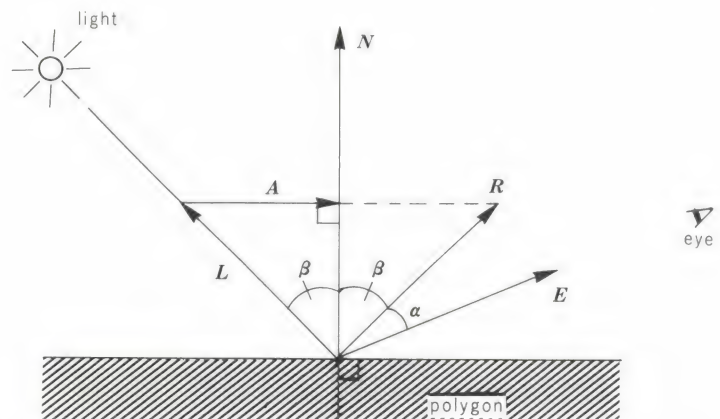



図1 speculer の計算

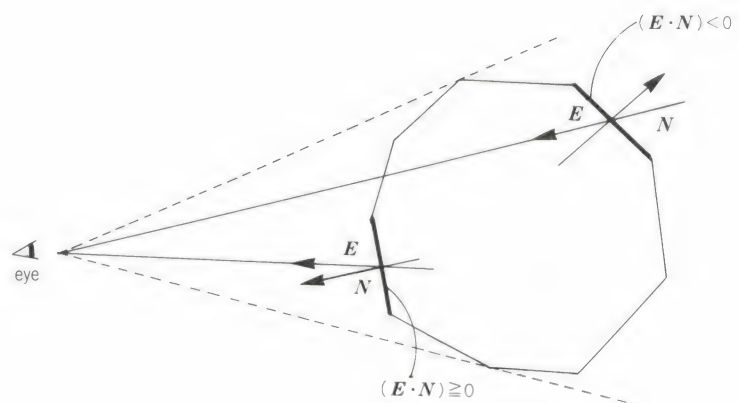



図2 裏向きポリゴンの消去

うにポリゴンが裏向きであるとは，

$$(\boldsymbol{N}\cdot\boldsymbol{E})<0 \qquad (6)$$

のことである。

CalPolygonIllum ( )で，各 light の現在のポリゴンに対する寄与率を考えている。光源には平行光(a)と点光源(b-d)があり，点光源のモデルには減衰なし(b)と減衰あり（c，d）がある。(c)の linear 減衰とは

$$dump=1.0-((distance-start)*rate) \qquad (7)$$

(d)の inverse 減衰とは

$$dump=1.0/(distance)^{rate} \qquad (8)$$

により光の減衰率 dump を求めるものである。distance は点光源の中心とポリゴンの中心間の距離である。

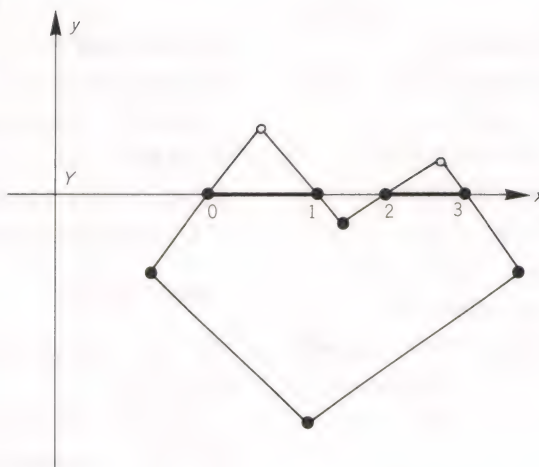



図3　ポリゴンのスキャン変換

ポリゴンのバッファへの書込み

現在のポリゴンはクリッピング，透視変換，ビューポート変換まで行う。このようにして，スクリーン座標内のポリゴンとして各ポリゴンの隠面消去を行うことを考える。デプス・バッファでは各ポリゴンの depth 値を比較して隠面消去を行うのだが，depth 値の決定には各種さまざまな方法があり，人によって違うようだ。debut ではスクリーン座標内のポリゴンの各平面式を再度決定し，それらの平面の前後関係を考えている(透視変換はリニアな変換であるので，各ポリゴンの前後関係は変わらないからである)。CalPolygonCenter( )，CalPolygonNormal( )を再度呼び出しているのはそのためである。

ポリゴンのスキャン・コンバートの準備として CalPolygonRegion( )でポリゴンの y 座標範囲を，CalPolygonEdge( )でポリゴンの各辺に関するさまざまな値を決定している。PolygonScanConvert( )でポリゴンの y スキャンラインに対するコンバートが行われているのだが，それは次の手順による[2]（**図3**）。

(1)　ポリゴンのすべての辺とスキャンラインの交点を見つける（各辺の y の範囲は求めてあるので，まず交わるべき辺を見つけ，続いてスキャンラインと各辺との交点を求める）。

(2)　x 座標をソートする。

(3)　交点対間のすべてのピクセルを塗る。ただし，図のように複数交点がある場合は偶数番目と奇数番目の交点間を塗るようにする。この場合，各辺の最小を表す頂点では1交点，最大を表す頂点では0交点とするなどの工夫をしないとうまくいかない場合がある。

さて，新たなポリゴンの平面式 P は，法線ベクトル $\boldsymbol{N}$ と中心 C により，

$$((P-C)\cdot\boldsymbol{N})=0$$
$$(x-C_x)N_x+(y-C_y)N_y+(z-C_z)N_z=0 \qquad (9)$$

と表される。これより，

$$z=-\frac{N_x}{N_z}x+\left(\frac{\boldsymbol{L}-N_y y}{N_z}\right) \qquad (10)$$

ただし，

$$\boldsymbol{L}=(C\cdot\boldsymbol{N})=C_xN_x+C_yN_y+C_zN_z$$

各スクリーン座標 (x,y) に対する depth 値 z は，この式により単純に求められる。この depth 値の決定にもさまざまな方式があると思うが，いずれの場合も視点ピラミッド内で視点から始まり，スクリーン(x,y) を通る光線と平面との交点を求める方法（レイ・トレーシング）の場合より，ずっと楽な計算で depth 値が求まることは確かである。デプス・バッファの現在の値とこの新たな depth 値を比較して，もしその depth 値がより小さな値をとれば，それまでのポリゴンより視点側にあるとみなし，その (x,y) の対応点である R，G，B 各カラー・バッファの値を先に決定したポリゴンのカラー値で塗りつぶす。これがデプス・バッファの基本動作である（なお，この ver. では，一つのポリゴンはすべて同一の色で塗りつぶされ，レイ・トレーシング的な効果をつけることはできない)。最後に，OutputColorBuffer( )により RGB カラー・バッファの最終的な値を.rgb へと出力する。

筆者はソフトウエアを組むときコーディングなどはしたこともなく，いきなりモニターに向かって打ち始めるので，ほとんどプログラムのオートマチズム（自動書記）である。だから，これが正しいソフトウエアの姿だなんて，決して信じないこと。もう一つ，筆者はジャーナリスティックな精神により，世間で騒がれるレンダリング・ソフトの内部に潜り込み，探ってレポートする気持ちでこの連載を引き受けたのだが，実は毎号大変苦労している。そこの人，指をくわえてソースが出てくるのを待っていないように！　自分でもいろいろ料理してほしいと思う。

次回は，debut ver. 1 を使ったカラー作品とそれを作るためのデータを紹介したい。今回，掲載できなかった.obj を作成するための簡単なツールも紹介するつもりである。加えて，debut 使用上のいろいろな注意事項にもふれていきたいと思う。

参考文献

1)　山口富士夫：「コンピュータディスプレイによる図形処理工学」，日刊工業新聞社，1981

2) J.D.Foley，A.van Dam（今宮淳美訳）：「コンピュータ・グラフィックス」，日本コンピュータ協会，pp. 327-398，1984

▼リスト

```
Jul 23 22:23 1988  surf.h Page 1

/*
*       ************************
*       *    SURF.H          *
*       ************************
*
*       header file for debut ver 1
*       (criate flat-shading iamge program)
*/

#ifdef MAIN /* must define in main file*/

#define STRUCT struct
#define FLOAT float
#define INT int
#define SHORT short int
#define CHAR char

#else

#define STRUCT extern struct
#define FLOAT extern float
#define INT extern int
#define SHORT extern short int
#define CHAR extern char

#endif

#define MAXLINE         240  /* string buffer length */
#define MAXTREE         32   /* number of branches */
#define MAXPOLI         5000 /* number of poligons */
#define MAXOUT          5    /* number of outline vertice */
#define MAXEDGE         10   /* MAXOUT * 2 (for cliping) */
#define MAXPOINT        10000 /* number of points */
#define MAXSCREENX      640 /* max screen size x */
#define MAXSCREENY      640 /* max screen size y */
#define MAXLIGHT        16   /* number of lights */
#define MAXMATFILE      4    /* number of material files */
#define MAXLABEL        16   /* number of material labels */
#define MAXMATERIAL     36   /* number of materials */


#define PAI 3.141592

#define EQUAL           0
#define TRUE            1
#define FALSE           0
#define NIL             -1
#define BYTE            255
#define ERR             -1
#define SMOLE           .000001

#define ABS(x) (x >= 0.0 ? x : -1.0 * x)
#define MAX(x, y)       ((x >= y) ? x : y)
#define MIN(x, y)       ((x < y) ? x : y)
#define SGN(x)          ((x >= 0) ? ((x > 0) ? 1 : 0) : -1)

typedef unsigned char U_Char;

struct U_buffer{
                        U_Char  buf[MAXSCREENY][MAXSCREENX];
        };
struct F_buffer{
                        float   buf[MAXSCREENY][MAXSCREENX];
        };

STRUCT U_buffer         Red, Green, Blue; /* color buffer */
STRUCT F_buffer         Depth; /* depth buffer */


/**********************************/
/*   TreeData                    */
/* for node unit of tree-structure */
/**********************************/

typedef struct{
                        U_Char  prio;
                        float   rot[3];
                        float   tran[3];
                        float   scale;
                } World;

typedef struct{
                        float   from[3];
                        float   at[3];
                        float   vrot;
                } Look;


struct TreeData{
                        char    label1[MAXLINE];
                        char    sign;
                        char    label2[MAXLINE];
                        char    name[MAXLINE];
                        char    type;

                        int     next;
                        int     lower;
                        int     obj;

                        float   matrix[4][4];
                        float   rmatrix[4][4];
                        float   mat[4][4];

                        union{
                                World   wld;
                                Look    look;
                        } p;
                };

STRUCT TreeData branch[MAXTREE];

/*************************/
/*   Object              */
/*   for object unit     */
/*************************/

struct Object{
                        char    name[MAXLINE];

                        int     tptr; /* pointer to branch */
                        int     pptr; /* pointer to vertex */
                        int     eptr; /* pointer to element */
                        int     mptr; /* pointer to material */
                        int     PointNum;
                        int     ElemNum;

                        char    usemtl[2][MAXLINE];
                        char    mtllib[MAXLINE];
};

STRUCT Object object[MAXTREE];


typedef struct{
                        float   x,
                                y,
                                z;
        } Vector3f;

typedef struct{
                float   r,
                        g,
                        b;
        } Color;

struct Light{
                        char            name[MAXLINE];
                        int             tptr; /* pointer to branch */
                        int             ltype; /* light type */
                        Color           color; /* illumiantion */
                        Vector3f        direct; /* direction */
                        Vector3f        posi;   /* position */
                        Vector3f        center; /* transformed position */
                        Vector3f        vec;    /* transformed direction */
                        float           rate; /* dumpping rate */
                        float           start; /* dumpping start point*/
};

STRUCT Light light[MAXLIGHT];

/*****************************/
/*   Vertex                  */
/* for vertex coordinates    */
/*****************************/

struct Vertex{
                        Vector3f coord;
                };

STRUCT Vertex vertex[MAXPOINT];

/***************************************/
/*  Element                            */
/*  for outline connectivity of poligon */
/***************************************/

struct Element{
                short int       VertNum;
                short int       vert[MAXOUT];
};


STRUCT Element element[MAXPOLI];

/*************************************************/
/*      Edge                                     */
/*      for one outline of individual polygon    */
/*************************************************/

typedef struct{
                        float   min;
                        float   max;
                } Minmax;

typedef struct{
```

```
			Vector3f		posi; /* edge vertex coordinate */
			int		flag;
			Minmax		valy;  /* y-value min-max */
			float		cline; /* incriment x/y */
			float		zinc; /* incriment z/y */
		} Edge;
/*****************************************************************
/*	Illum							*/
/*	for relationship of lights and individual polygon */
/*****************************************************************/

typedef struct{
			Vector3f		vec; /* vector:polygon -> light */
			float		distance; /* distance:polygon -> light*/
			float		dump; /* illumination dumped rate */
		} Illum;

/******************************************
/* Polygon						*/
/*	for	individual polygon	*/
/******************************************/

typedef struct{
			Vector3f		center;
			Vector3f		norm;
			Vector3f		center2; /* after perspective */
			Vector3f		norm2;  /* after perspective */
			float		cn;	/* center2 * norm2 */
			float		zinc;	/* incriment z/x */
			Color		color;
			Minmax		valy;	/* y-value min-max */
			int		EdgeNum;
			int		LitNum;
			int		mptr; /* pointer to material */
	} Polygon;


/**************************************/
/* Material				*/
/*	for material of objects		*/
/**************************************/

typedef struct{
			char	name[MAXLINE];
			int	mptr; /* pointer to material */
	} MatLabel;

struct	MaterialFile{
			int	MatNum;
			char	name[MAXLINE];
			MatLabel label[MAXLABEL];
	};

STRUCT MaterialFile matfile[MAXMATFILE];

struct Material{ /* not complete defined in this version */
			int	fptr; /* pointer to material file */
			int	lptr; /* order of new label */
			char	name[MAXLINE];
			int	lmodel; /* light model */
			Color	ambient;
			Color	diffuse;
			Color	speculer;
			float	expo; /* expoment of speculer*/
		};

STRUCT Material material[MAXMATERIAL];

/********************************/
/* View			*/
/*	for camera view		*/
/********************************/

typedef struct{
			int	x,
				y;
		} Vector2i;

typedef struct{
			float	left,
				right,
				bottom,
				top;
		} Window;

struct View{
		char		name[MAXLINE];
		Vector3f		from,
				at,
				vector;
		float		heather;
		float		yon;
		float		angle;
		float		para1, /* heather / (screenx / 2) */
				para2, /* heather / (screeny / 2) */
				para3; /* yon / (yon - heather) */
		float			scale;

		Vector2i screen;
		Vector2i sc2;

		Window window;
	};

STRUCT View view;

INT	ObjNum, TreeNum, LitNum, MatFileNum;
INT	PointSum, ElemSum, MatSum;
INT	const_fg;
FLOAT	pai;
FLOAT	ClipMat[4][4];
CHAR	ReadFile[MAXLINE], SaveFile[MAXLINE];


/*
 *	**********************************
 *	*	DEBUT  Ver 1 (Surface)	*
 *	**********************************
 *
 *	Written by: Ryoichiro Debuchi
 *	  (CATDOG - - is a brand name of all my works)
 *	Date: Aug. 1988  c & p  R. Debuchi
 *
 *	Function:
 *	Criate RGB color images. With non-smoothing polygonal surface.
 *	Read structure file and put RGB file  (.rgb)
 *	This version program consists of several main parts:
 *	Read object file and tree-structure file,
 *	modeling transformation by tree-structure,
 *    view transformation, clipping, perspective transformation,
 *    viewport transformation, calculate surface color with lights,
 *	scan-convert polygon, update depth and color buffers,
 *	and output RGb color file.
 *
 *	Usage:
 *		debut1 read.str write.rgb
 *
 */


#include <stdio.h>
#include <math.h>
#define MAIN 1
#include "surf.h"


#define COMMENT		"#"
#define SWITCHD		"/D"
#define UPPER		"*"
#define ROOT		"ROOT"
#define DEFAULT		"default"

#define SAME		'|'
#define UNDER		'>'
#define CAMERA		'K'
#define WORLD		'O'
#define DAMMY		'D'
#define LIGHT		'L'


#define CONSTRUCT	"-O"
#define WIREDUMPCODE	"WireDump"

/*
 *	****************
 *	* main	*
 *	****************
 *
 *	Function:
 *	main routine for debut ver 0.
 */



main(argc, argv)
int	argc;
char	*argv[];
{
	int	i;
	float	tm[4][4], rtm[4][4];
	FILE	*fp, *fopen();

	pai = PAI / 180.0;

	ClearLight();
	ClearMaterial();
	ReadArg1(argc, argv);
	ReadTree(ReadFile);
	SetView();
	UnitMat44(ClipMat);
	ClipMat[0][0] = view.para1;
```

```
        ClipMat[1][1] = view.para2;
        RotEye(tm, rtm);
        Tree(branch, 0, tm, rtm);
        for(i = 0; i < LitNum; i++)
                WorldTransLight(light+i);
        ClearBuf();
        for(i = 0; i < ObjNum; i++)
        {
                WorldTransVertex(object+i);
                SurfacePolygonProcess(object+i);
        }
        fp = fopen(SaveFile, "w");
        if(fp == (FILE *)NULL)
        {
                fprintf(stderr, "Can't Open File %s\n", SaveFile);
                exit(1);
        }
        OutputColorBuffer(fp);
        fclose(fp);
}


/*** New Functions for Debut Ver. 1 ***/

/*
*       ************
*       * ReadArg1 *
*       ************
*
*       Function: reading argments of main() (for debut ver. 1)
*       Usage:
*               int     ac      (input) - argc
*               char    **av    (input) - argv
*/

ReadArg2(ac, av)
int     ac;
char    **av;
{
        if(ac != 3)
        {
                fprintf(stderr, "Usage: %s  Read.str Write.rgb)\n", av[0]);
                exit(1);
        }
        else
        {
                sscanf(av[1], "%s", ReadFile);
                sscanf(av[2], "%s", SaveFile);
        }
}

#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include "surf.h"

#define MATERIAL "MT"

/*
*       ***********************
*       * MaterialFileProcess *
*       ***********************
*
*       Function: part for material of ReadTree()
*       Usage:
*               char    *line (input) - one data line of .str
*               Object  *op     (input) - pointer to objects
*/

MaterialFileProcess(line, op)
char    *line;
struct  Object  *op;
{
        int     i, j, same_fg, mp, ln, lp;
        char    tank[MAXLINE], matf[MAXLINE], matl[MAXLINE];

        sscanf(line, "%s %s %s", tank, matf, matl);
        for(i = 0, same_fg = FALSE; i < MatFileNum; i++)
        {
                if(strcmp((matfile+i)->name, matf) == EQUAL){
                        same_fg = TRUE;
                        mp = i;
                        break;
                }
        }
        if(same_fg == FALSE){
                ln = ReadMaterialFile(matf);
                mp = MatFileNum;
                strcpy((matfile+mp)->name, matf);
                (matfile+mp)->MatNum = ln;
                MatFileNum++;
        }
        for(j = 0, same_fg = FALSE; j < (matfile+mp)->MatNum; j++)
        {
                if(strcmp((matfile+mp)->label[j].name, matl) == EQUAL){
                        same_fg = TRUE;
                        lp = j;
                        break;
                }
        }
        if(same_fg == FALSE){
                fprintf(stderr, "Illegal Material Label %s %s\n", matf, matl);
                exit(1);
        }
        else
                op->mptr = (matfile+mp)->label[lp].mptr;
}


#define NEWLABEL        "NEW"
#define LIGHTMODEL      "LTM"
#define AMBIENT         "AMB"
#define DIFFUSE         "DIF"
#define SPECULER        "SPC"
#define EXPONENT        "EXP"

/*
*       ********************
*       * ReadMaterialFile *
*       ********************
*
*       Function: reading material file .mat
*       Usage:
*               char    *name   (input) - filename .mat
*/

ReadMaterialFile(name)
char    *name;
{
        char    line[MAXLINE], tank[MAXLINE], lname[MAXLINE];
        char    *p;
        float   val[3];
        int     lp, lm, l;
        int     ln = 0;
        int     l_fg = FALSE;
        FILE *fp, *fopen();

        fp = fopen(name, "r");
        if(fp == (FILE *)NULL){
                fprintf(stderr, "Can't Open File %s\n", name);
                exit(1);
        }
        while(1)
        {
                p = fgets(line, MAXLINE, fp);
                if(p == NULL)
                        break;
                sscanf(line, "%s", tank);
                if(strcmp(tank, NEWLABEL) == EQUAL){
                        ln++;
                        lp = ln + MatSum - 1;
                        sscanf(line, "%s %s", tank, lname);
                        strcpy((material+lp)->name, lname);
                        /*(material+lp)->lptr = lp;*/
                        (material+lp)->fptr = MatFileNum;
                        lm = ln - 1;
                        (material+lp)->lptr = lm;
                        (matfile+MatFileNum)->label[lm].mptr = lp;
                        strcpy((matfile+MatFileNum)->label[lm].name, lname);
                        l_fg = TRUE;
                }
                else if(strcmp(tank, AMBIENT) == EQUAL){
                        if(l_fg == FALSE){
                                fprintf(stderr, "New Material Label undefined (%s)\n", name);
                                exit(1);
                        }
                        sscanf(line, "%s %f %f %f", tank, val, val+1, val+2);
                        (material+lp)->ambient.r = *val;
                        (material+lp)->ambient.g = *(val+1);
                        (material+lp)->ambient.b = *(val+2);
                }
                else if(strcmp(tank, DIFFUSE) == EQUAL){
                        if(l_fg == FALSE){
                                fprintf(stderr, "New Material Label undefined (%s)\n", name);
                                exit(1);
                        }
                        sscanf(line, "%s %f %f %f", tank, val, val+1, val+2);
                        (material+lp)->diffuse.r = *val;
                        (material+lp)->diffuse.g = *(val+1);
                        (material+lp)->diffuse.b = *(val+2);
                }
                else if(strcmp(tank, SPECULER) == EQUAL){
                        if(l_fg == FALSE){
                                fprintf(stderr, "New Material Label undefined (%s)\n", name);
                                exit(1);
                        }
                        sscanf(line, "%s %f %f %f", tank, val, val+1, val+2);
                        (material+lp)->speculer.r = *val;
                        (material+lp)->speculer.g = *(val+1);
                        (material+lp)->speculer.b = *(val+2);
                }
                else if(strcmp(tank, EXPONENT) == EQUAL){
                        if(l_fg == FALSE){
```

```
				fprintf(stderr, "New Material Label undefined (%s)\n", name);
				exit(1);
			}
			sscanf(line, "%s %f", tank, val);
			(material+lp)->expo = *val;
		}
		else if(strcmp(tank, LIGHTMODEL) == EQUAL){
			if(l_fg == FALSE){
				fprintf(stderr, "New Material Label undefined (%s)\n", name);
				exit(1);
			}
			sscanf(line, "%s %d", tank, &l);
			if(l < 1)		l = 0;
			else if(l > 3)		l = 3;
			(material+lp)->lmodel = l;
		}
	}
	MatSum += ln;
	return(ln);
}

/*
 *	*****************
 *	* ReorderColor *
 *	*****************
 *
 *	Function: transform color value  (0 - 1) -> (0 - 255)
 *	Usage:
 *		float	c	(input) - color_value (0-1)
 *		U_Char	col	(output) - color_value (0-255)
 */

U_Char	Reor[illegible]	(c)
float	c;
{
	int		[illegible]ol;

	col = c * BYTE;
	if(col < 0)		col = 0;
	if(col > BYTE)	col = BYTE;
	return((U_Char)col);
}


#define INTENSITY	"LI"
#define DUMPED		"DP"
#define START		"DS"
#define DIRECTION	"LD"
#define POSITION	"LP"
#define LIGHTTYPE	"LT"
#define TYPEA		"a"
#define TYPEB		"b"
#define TYPEC		"c"
#define TYPED		"d"


/*
 *	******************
 *	* ReadLightFile *
 *	******************
 *
 *	Function: reading light file .lit
 *	Usage:
 *		Light	lp	(input) - pointer to light
 */

ReadLightFile(lp)
struct Light *lp;
{
	char	tank[MAXLINE], line[MAXLINE];
	char	*p, lt[MAXLINE];
	int	l;
	float	val[3];
	FILE *fp, *fopen();

	fp = fopen(lp->name, "r");
	if(fp == (FILE *)NULL){
		fprintf(stderr, "Can't Open File %s\n", lp->name);
		exit(1);
	}

	while(1)
	{
		p = fgets(line, MAXLINE, fp);
		if(p == NULL)
			break;
		sscanf(line, "%s", tank);
		if(strcmp(tank, INTENSITY) == EQUAL){
			sscanf(line, "%s %f %f %f", tank, val, val+1, val+2);
			lp->color.r = *val;
			lp->color.g = *(val+1);
			lp->color.b = *(val+2);
		}
		else if(strcmp(tank, DIRECTION) == EQUAL){
			sscanf(line, "%s %f %f %f", tank, val, val+1, val+2);
			lp->direct.x = *val;
			lp->direct.y = *(val+1);
			lp->direct.z = *(val+2);
		}
		else if(strcmp(tank, POSITION) == EQUAL){
			sscanf(line, "%s %f %f %f", tank, val, val+1, val+2);
			lp->posi.x = *val;
			lp->posi.y = *(val+1);
			lp->posi.z = *(val+2);
		}
		else if(strcmp(tank, DUMPED) == EQUAL){
			sscanf(line, "%s %f", tank, val);
			lp->rate = *val;
		}
		else if(strcmp(tank, START) == EQUAL){
			sscanf(line, "%s %f", tank, val);
			lp->start = *val;
		}
		else if(strcmp(tank, LIGHTTYPE) == EQUAL){
			sscanf(line, "%s %s", tank, lt);
			if(strcmp(lt, TYPEA) == EQUAL)		lp->ltype = 0;
			else if(strcmp(lt, TYPEB) == EQUAL)	lp->ltype = 1;
			else if(strcmp(lt, TYPEC) == EQUAL)	lp->ltype = 2;
			else if(strcmp(lt, TYPED) == EQUAL)	lp->ltype = 3;
			else					lp->ltype = 0;
		}
	}
	fclose(fp);
}


/*
 *	***************************
 *	* SurfacePolygonProcess *
 *	***************************
 *
 *	Function: determinate plane, calculate surface color,
 *		backfacing polygon removal, perspective transformation,
 *		clipping, viewport transformation, polygon scan-convert
 *		and update depth and color buffers.
 *	Usage:
 *		Object	*op	(input) - pointer to objects
 */

SurfacePolygonProcess(op)
struct Object *op;
{
	int		i, j;
	int		ep, vp, vn, pn;
	float		point[MAXEDGE][4];
	float		zval[MAXEDGE];
	float		sq, vis_fg;
	Vector3f	eye, vector;
	Polygon		polygon;
	Illum		illum[MAXLIGHT];
	Edge		edge[MAXEDGE];


	for(i = 0; i < op->ElemNum; i++)
	{
		ep = i + op->eptr;
		vn = (element+ep)->VertNum;
		for(j = 0; j < vn; j++)
		{
			vp = (element+ep)->vert[j] - 1;/*Element start from 1*/
			*(point[j]) = (vertex+vp)->coord.x;
			*(point[j]+1) = (vertex+vp)->coord.y;
			*(point[j]+2) = (vertex+vp)->coord.z;
			*(point[j]+3) = 1.0;
		}
		CalPolygonCenter(&polygon.center, vn, point);
		CalPolygonNormal(&polygon.norm, vn, point);

		/* backfacing surface removal */
		vector.x = -polygon.center.x;
		vector.y = -polygon.center.y;
		vector.z = -polygon.center.z;
		sq = sqrt((double)(vector.x * vector.x + vector.y * vector.y
						+ vector.z * vector.z));
		if(ABS(sq) >= SMOLE){
			eye.x = vector.x / sq;
			eye.y = vector.y / sq;
			eye.z = vector.z / sq;
		}
		else{
			eye.x = 0;
			eye.y = 0;
			eye.z = -1;
		}
		vis_fg = eye.x * polygon.norm.x + eye.y * polygon.norm.y
						+ eye.z * polygon.norm.z;
		if(vis_fg > 0.0) /* visible case */ {
			polygon.LitNum = LitNum;
			CalPolygonIllum(illum, polygon);
			polygon.mptr = op->mptr;
			CalPolygonColor(&polygon.color, polygon, illum, eye);
```

```
		/***********************************/
		/* clipping at view point pyramid */
		/***********************************/

		pn = PolygonClip(point, vn, 0, 0);
		pn = PolygonClip(point, pn, 0, 1);
		pn = PolygonClip(point, pn, 1, 0);
		pn = PolygonClip(point, pn, 1, 1);

		/***********************************/
		/* perspective transformation   */
		/***********************************/

		pn = PersProject(point, pn);

		/***  wirte polygon into z-buffer *********/
		/*  with viewport transformation       */
		/*******************************************/

		if(pn > 2){
			/* viewport transformation */
			for(j = 0; j < pn; j++)
			{
				*(point[j]) = *point[j] * view.sc2.x
							+ view.sc2.x;
				*(point[j]+1) = *(point[j]+1)
						* view.sc2.y + view.sc2.y;
			}
			CalPolygonNormal(&polygon.norm2, pn, point);
			if(ABS(polygon.norm2.z) >= SMOLE)/* visible */{
			  CalPolygonCenter(&polygon.center2,pn, point);
				polygon.cn =
				polygon.center2.x * polygon.norm2.x
				+ polygon.center2.y * polygon.norm2.y
				+ polygon.center2.z * polygon.norm2.z;
				polygon.zinc = -polygon.norm2.x
						/ polygon.norm2.z;
			  CalPolygonRegion(&polygon.valy, pn, point);
				CalPolygonEdge(edge, pn, point);
				polygon.EdgeNum = pn;
				PolygonScanConvert(polygon, edge);
			}
		}
	}
    }
}

/*
*	**********************
*	* CalPolygonIllum   *
*	**********************
*
*	Function: calculate all lights' values for current polygon.
*	Usage:
*		Illum	*illum	(input)	- pointer to illum
*		Polygon polygon (input) - current polygon
*/

CalPolygonIllum(illum, polygon)
Illum	*illum;
Polygon	polygon;
{
	int		i;
	float		sq, pw;
	Vector3f	vector;


	for(i = 0; i < polygon.LitNum; i++)
	{
		if((light+i)->ltype > 0){
			vector.x = (light+i)->center.x - polygon.center.x;
			vector.y = (light+i)->center.y - polygon.center.y;
			vector.z = (light+i)->center.z - polygon.center.z;
			sq = sqrt((double)(vector.x * vector.x
				+ vector.y * vector.y + vector.z * vector.z));
			if(ABS(sq) >= SMOLE){
				(illum+i)->vec.x = vector.x / sq;
				(illum+i)->vec.y = vector.y / sq;
				(illum+i)->vec.z = vector.z / sq;
			}
			else{
				(illum+i)->vec.x = 0;
				(illum+i)->vec.y = 0;
				(illum+i)->vec.z = 1;
			}
			(illum+i)->distance = sq;
			if((light+i)->ltype == 1)
				(illum+i)->dump = 1.0;
			else if((light+i)->ltype == 2){
				pw = 1.0 - (((illum+i)->distance
					- (light+i)->start) * (light+i)->rate);
				if(pw < 0)		(illum+i)->dump = 0;
				else			(illum+i)->dump = pw;
			}
			else if((light+i)->ltype == 3){
				pw = pow((double)((illum+i)->distance), (double)((light+i)->rate));
				if(ABS(pw) >= SMOLE) (illum+i)->dump = 1.0 / pw;
				else			(illum+i)->dump = 1;
			}
		}
		else{
			(illum+i)->vec.x = -(light+i)->vec.x;
			(illum+i)->vec.y = -(light+i)->vec.y;
			(illum+i)->vec.z = -(light+i)->vec.z;
			(illum+i)->dump = 1.0;
		}
	}
}

/*
*	******************
*	* CalPolygonEdge *
*	******************
*
*	Function: calculate all edges' value for current polygon.
*	Usage:
*		Edge	*edge	(input) - pointer to edge
*		int	pn	(input) - vertice number
*		float	point	(input) - coordinates of vertice
*/

CalPolygonEdge(edge, pn, point)
Edge	*edge;
int	pn;
float	point[MAXEDGE][4];
{
	int	j, j1;
	float	ay;

	for(j = 0; j < pn; j++)
	{
		j1 = j + 1;
		if(j1 == pn)
			j1 = 0;
		ay = *(point[j1]+1) - *(point[j]+1);
		if(ABS(ay) < SMOLE)
			(edge+j)->flag = -1;
		else {
			(edge+j)->flag = 1;
			(edge+j)->cline = (*point[j1] - *point[j]) / ay;
		}
		(edge+j)->posi.x = *point[j];
		(edge+j)->posi.y = *(point[j]+1);
		(edge+j)->posi.z = *(point[j]+2);
		(edge+j)->valy.min = MIN(*(point[j]+1), *(point[j1]+1));
		(edge+j)->valy.max = MAX(*(point[j]+1), *(point[j1]+1));
	}
}

/*
*	********************
*	* CalPolygonRegion *
*	********************
*
*	Function: calculate polygon y-region.
*	Usage:
*		Minmax	*valy	(input) - pointer to valy
*		int	vn	(input) - vertice number
*		float	point	(input) - coordinates of vertice
*/

CalPolygonRegion(valy, vn, point)
Minmax	*valy;
int	vn;
float	point[MAXEDGE][4];
{
	int	i;

	valy->min = valy->max = *(point[0]+1);
	for(i = 1; i < vn; i++)
	{
		valy->min = MIN(valy->min, *(point[i]+1));
		valy->max = MAX(valy->max, *(point[i]+1));
	}
}

/*
*	********************
*	* CalPolygonCenter *
*	********************
*
*	Function: calculate polygon's center.
*	Usage:
*		Vector3f	*center	(input) - pointer to center
*		int		vn	(input) - vertice number
*		float		point	(input) - coordinates of vertice
*/

CalPolygonCenter(center, vn, point)
Vector3f	*center;
int		vn;
float		point[MAXEDGE][4];
{
```

```
	int			i;
	Vector3f		sum;
	sum.x = sum.y = sum.z = 0;
	for(i = 0; i < vn; i++)
	{
		sum.x += *point[i];
		sum.y += *(point[i]+1);
		sum.z += *(point[i]+2);
	}
	center->x = sum.x / (float)vn;
	center->y = sum.y / (float)vn;
	center->z = sum.z / (float)vn;
}

/*
*	********************
*	* CalPolygonNormal *
*	********************
*
*	Function: calculate polygon's normal vector.
*	Usage:
*		Vector3f	*norm	(input) - pointer to norm
*		int		vn	(input) - vertice number
*		float		point	(input) - coordinates of vertice
*/

CalPolygonNormal(norm, vn, point)
Vector3f		*norm;
int			vn;
float			point[MAXEDGE][4];
{
	int			i, j, vn1;
	float			sq;
	Vector3f		sum;

	sum.x = sum.y = sum.z = 0;
	vn1 = vn - 1;
	for(i = 0; i < vn; i++)
	{
		if(i == vn1)	j = 0;
		else		j = i + 1;
		sum.x += (*(point[i]+1) - *(point[j]+1))
				* (*(point[i]+2) + *(point[j]+2));
		sum.y += (*(point[i]+2) - *(point[j]+2))
				* (*(point[i]) + *(point[j]));
		sum.z += (*(point[i]) - *(point[j]))
				* (*(point[i]+1) + *(point[j]+1));
	}
	sq = sqrt((double)(sum.x * sum.x + sum.y * sum.y + sum.z * sum.z));
#ifdef COUNTER
	/** positive = counterclockwize **/
	if(ABS(sq) >= SMOLE) {
		norm->x = sum.x / sq;
		norm->y = sum.y / sq;
		norm->z = sum.z / sq;
	}
	else /* dot polygon */ {
		norm->x = 0;
		norm->y = 0;
		norm->z = 1.0;
	}
#endif
	/** positive = clockwize **/
	if(ABS(sq) >= SMOLE) {
		norm->x = -sum.x / sq;
		norm->y = -sum.y / sq;
		norm->z = -sum.z / sq;
	}
	else /* dot polygon */ {
		norm->x = 0;
		norm->y = 0;
		norm->z = -1.0;
	}
}

/*
*	**************
*	* ClearLight *
*	**************
*
*	Function: clear lights values
*/

ClearLight()
{
	int	i;

	for(i = 0; i < MAXLIGHT; i++)
	{
		(light+i)->posi.x = (light+i)->posi.y = (light+i)->posi.z = 0;
		(light+i)->direct.x = (light+i)->direct.y = 0;
		(light+i)->direct.z = 1;
		(light+i)->color.r = (light+i)->color.g = (light+i)->color.b =0;
		(light+i)->ltype = 0;
	}
}

/*
*	*****************
*	* ClearMaterial *
*	*****************
*
*	Function: clear material values
*/

ClearMaterial()
{
	int	i;

	for(i = 0; i < MAXMATERIAL; i++)
	{
		(material+i)->ambient.r = (material+i)->ambient.g
					= (material+i)->ambient.b = 0;
		(material+i)->diffuse.r = (material+i)->diffuse.g
					= (material+i)->diffuse.b = 0;
		(material+i)->speculer.r = (material+i)->speculer.g
					= (material+i)->speculer.b = 0;
		(material+i)->lmodel = 0;
		(material+i)->expo = 1;
	}
}

/*
*	************
*	* ClearBuf *
*	************
*
*	Function: clear buffers values
*/

ClearBuf()
{
	int	i, j;

	for(j = 0; j < view.screen.y; j++)
		for(i = 0; i < view.screen.x; i++)
		{
			*(Depth.buf[j]+i) = 1.0;
			*(Red.buf[j]+i) = 0;
			*(Green.buf[j]+i) = 0;
			*(Blue.buf[j]+i) = 0;
		}
}

/*
*	*******************
*	* WorldTransLight *
*	*******************
*
*	Function: translate all lights (body coordinate -> eye coordinate)
*	Usage:
*		Light	*lp	(input) - pointer to light
*/

WorldTransLight(lp)
struct Light *lp;
{
	float	tmat[4][4];
	float	vv[4], vd[4];
	float	sq;
	Vector3f		vector;
	int	i, n, tp;


	tp = lp->tptr;
	MatCopy44(tmat, (branch+tp)->matrix);

	*vv = lp->posi.x;
	*(vv+1) = lp->posi.y;
	*(vv+2) = lp->posi.z;
	*(vv+3) = 1.0;

	CalMatV(vd, vv, tmat);

	lp->center.x = *vd;
	lp->center.y = *(vd+1);
	lp->center.z = *(vd+2);

	if(lp->ltype == 0)
	{
		*vv = lp->direct.x;
		*(vv+1) = lp->direct.y;
		*(vv+2) = lp->direct.z;
		*(vv+3) = 1.0;

		CalMatV(vd, vv, tmat);
		vector.x = (*vd - lp->center.x);
		vector.y = (*(vd+1) - lp->center.y);
		vector.z = (*(vd+2) - lp->center.z);

		sq = sqrt((double)(vector.x * vector.x + vector.y * vector.y
					+ vector.z * vector.z));
```

```
			if(ABS(sq) >= SMOLE){
				lp->vec.x = vector.x / sq;
				lp->vec.y = vector.y / sq;
				lp->vec.z = vector.z / sq;
			}
			else{
				lp->vec.x = 0;
				lp->vec.y = 0;
				lp->vec.z = 1;
			}
		}
}

/*
*	********************
*	* CalPolygonColor *
*	********************
*
*	Function: calculate polygon color.
*	Usage:
*		Color		*color	(input) - pointer to color
*		Polygon		polygon	(input) - current polygon
*		Vector3f	eye	(input) - vector (polygon -> eye)
*/

CalPolygonColor(color, polygon, illum, eye)
Color		*color;
Polygon		polygon;
Illum		*illum;
Vector3f	eye;
{
	int		j, mptr;
	float		shading, reflect, bright;
	float		sq;
	float		Shading(), Speculer();
	Color		bri, hi, lpw;


	bri.r = bri.g = bri.b = 0;
	hi.r = hi.g = hi.b = 0;
	for(j = 0; j < polygon.LitNum; j++)
	{
		shading = Shading((illum+j)->vec, polygon.norm);
		mptr = polygon.mptr;
		if((material+mptr)->lmodel > 1)
			reflect = Speculer((illum+j)->vec, polygon.norm, eye,
							(material+mptr)->expo);

		lpw.r = (light+j)->color.r * (illum+j)->dump;
		lpw.g = (light+j)->color.g * (illum+j)->dump;
		lpw.b = (light+j)->color.b * (illum+j)->dump;

		bri.r += lpw.r * shading;
		bri.g += lpw.g * shading;
		bri.b += lpw.b * shading;
		if((material+mptr)->lmodel > 1){
			hi.r += reflect * lpw.r;
			hi.g += reflect * lpw.g;
			hi.b += reflect * lpw.b;
		}
	}
	color->r = (material+mptr)->ambient.r
				+ (material+mptr)->diffuse.r * bri.r;
	color->g = (material+mptr)->ambient.g
				+ (material+mptr)->diffuse.g * bri.g;
	color->b = (material+mptr)->ambient.b
				+ (material+mptr)->diffuse.b * bri.b;
	if((material+mptr)->lmodel > 1){
		color->r += (material+mptr)->speculer.r * hi.r;
		color->g += (material+mptr)->speculer.g * hi.g;
		color->b += (material+mptr)->speculer.b * hi.b;
	}
}

/*
*	***********
*	* Shading *
*	***********
*
*	Function: calculate diffuse color value.
*	Usage:
*		Vector3f lit	(input) - vector (polygon -> light)
*		Vector3f norm	(input) - vector (polygon's normal)
*		float	col	(output) - diffuse value
*/

float		Shading(lit, norm)
Vector3f	lit, norm;
{
	float	col;

	col = lit.x * norm.x + lit.y * norm.y + lit.z * norm.z;
	if(col < 0.0)
		col = 0;
	return(col);
}
```

```
/*
*	************
*	* Speculer *
*	************
*
*	Function: calculate speculer color value.
*	Usage:
*		Vector3f lit	(input) - vector (polygon -> light)
*		Vector3f norm	(input) - vector (polygon's normal)
*		Vector3f eye	(input) - vector (polygon -> eye)
*		float	lp	(input) - exponent
*		float	col	(output) - speculer value
*/

float		Speculer(lit, norm, eye, lp)
Vector3f	lit, norm, eye;
float		lp;
{
	float		akn, vbl, lre, lref;
	Vector3f	ref;

	akn = (lit.x * norm.x + lit.y * norm.y + lit.z * norm.z) * 2.0;
	ref.x = akn * norm.x - lit.x;
	ref.y = akn * norm.y - lit.y;
	ref.z = akn * norm.z - lit.z;

	lre = ref.x * eye.x + ref.y * eye.y + ref.z * eye.z;
	if(lre > 0.0)		lref = pow((double)lre, (double)lp);
	else			lref = 0;

	return(lref);
}

typedef struct{
		int	flag;
		int	CrossNum;
		int	etable[MAXEDGE]; /* edge table */
		float	ctable[MAXEDGE]; /* x-cross value table */
		int	itable[MAXEDGE]; /* integer x-cross */
	} Cross;

/*
*	***************
*	* SearchCross *
*	***************
*
*	Function:searching cross points of yscan line and polygon edges.
*	Usage:
*		Cross	*cross	(input) - pointer to cross
*		int	y	(input) - y scan line
*		int	pn	(input) - edge number
*		Edge	edge	(input) - pointer to edge
*/

SearchCross(cross, y, pn, edge)
Cross	*cross;
int	y, pn;
Edge	*edge;
{
	int	eno, eno1, efg, e;
	int	i, j, imin, imax;
	float	ay, min, max;

	for(i = 0, eno = 0; i < pn; i++)
	{
		if((edge+i)->flag != -1){
			ay = y;
			if(ay >= (edge+i)->valy.min && ay < (edge+i)->valy.max){
				*(cross->etable+eno) = i;
				eno++;
			}
		}
	}
	if(eno >= 2){
		cross->CrossNum = eno;
		for(j = 0; j < cross->CrossNum; j++)
		{
			e = *(cross->etable+j);
			*(cross->ctable+j) = (edge+e)->cline
				* (y - (edge+e)->posi.y) + (edge+e)->posi.x;
		}
		CrossSort(cross);

		imin = *(cross->ctable);
		eno1 = cross->CrossNum - 1;
		imax = *(cross->ctable+eno1);
		if(imin >= view.screen.x || imax < 0)
			cross->flag = -1;
		else{
			for(j = 0; j < cross->CrossNum; j++)
			{
				if(*(cross->ctable+j) < 0)
					*(cross->itable+j) = 0;
				else if(*(cross->ctable+j) >= view.screen.x)
					*(cross->itable+j) = view.screen.x;
				else
```

```
						*(cross->itable+j) = *(cross->ctable+j);
				}
				cross->flag = 1;
			}
		}
		else
			cross->flag = -1;
}

/*
*		*************
*		* CrossSort *
*		*************
*
*		Function: sorting cross points.
*		Usage:
*				Cross	*cross	(input) - pointer to cross
*/

CrossSort(cross)
Cross	*cross;
{
		int		i, j, k, n, n1, e;
		float	w;

		n1 = cross->CrossNum - 1;
		for(i = 0; i < n1; i++)
		{
				k = i + 1;
				for(j = k; j < cross->CrossNum; j++)
				{
						if(*(cross->ctable+i) > *(cross->ctable+j)){
								w = *(cross->ctable+i);
								*(cross->ctable+i) = *(cross->ctable+j);
								*(cross->ctable+j) = w;

								e = *(cross->etable+i);
								*(cross->etable+i) = *(cross->etable+j);
								*(cross->etable+j) = e;
						}
				}
		}
}

/*
*		**********************
*		* PolygonScanConvert *
*		**********************
*
*		Function: scan_convert polygon and update buffers.
*		Usage:
*				Polygon	polygon (input) - current polygon
*				Edge	*edge	(input) - pointer to edge
*/

PolygonScanConvert(polygon, edge)
Polygon		polygon;
Edge		*edge;
{
		int		y, k, x, i, sgn, ep, ep0, ep1;
		int		under, up;
		int		left, right;
		float	depth0, depth;
		U_Char	ReorderColor();
		Cross	cross;

		if(polygon.valy.min < 0) under = 0;
		else					under = polygon.valy.min;
		if(polygon.valy.max >= view.screen.y)	up = view.screen.y - 1;
		else								up = polygon.valy.max;

		for(y = under; y <= up; y++)
		{
				SearchCross(&cross, y, polygon.EdgeNum, edge);
				if(cross.flag != -1){
						ep = *(cross.etable);
						depth0 = (polygon.cn - polygon.norm2.y * (float)y)
													/ polygon.norm2.z;
						sgn = (cross.CrossNum + 1) / 2;
						for(k = 0; k < sgn; k++)
						{
								ep0 = 2 * k;
								ep1 = ep0 + 1;
								left = *(cross.itable+ep0);
								right = *(cross.itable+ep1);
								for(x = left; x <= right; x++)
								{
										depth = polygon.zinc * (float)x +depth0;
										if(depth < *(Depth.buf[y]+x)) {
												*(Depth.buf[y]+x) = depth;
												*(Red.buf[y]+x) =
												ReorderColor(polygon.color.r);
												*(Green.buf[y]+x) =
												ReorderColor(polygon.color.g);
												*(Blue.buf[y]+x) =
												ReorderColor(polygon.color.b);
										}
								}
						}
				}
		}
}

/*
*		**********************
*		* OutputColorBuffer *
*		**********************
*
*		Function: output color buffer.
*		Usage:
*				File *fp (input) - file pointer
*/

OutputColorBuffer(fp)
FILE	*fp;
{
		int		i;
		int		fdw, s;
		U_Char	head[6];

		fdw = fileno(fp);

		head[0] = 'C';
		head[1] = 'D'; /* magic code */
		head[2] = view.screen.x & 0xff;
		head[3] = (view.screen.x >> 8) & 0xff;
		head[4] = view.screen.y & 0xff;
		head[5] = (view.screen.y >> 8) & 0xff;

		s = write(fdw, head, 6);
		if(s == ERR){
				fprintf(stderr, "Write Error!\n");
				exit(1);
		}

		for(i = 0; i < view.screen.y; i++)
		{
				s = write(fdw, Red.buf[i], view.screen.x);
				if(s == ERR){
						fprintf(stderr, "Write Error!\n");
						exit(1);
				}
				s = write(fdw, Green.buf[i], view.screen.x);
				if(s == ERR){
						fprintf(stderr, "Write Error!\n");
						exit(1);
				}
				s = write(fdw, Blue.buf[i], view.screen.x);
				if(s == ERR){
						fprintf(stderr, "Write Error!\n");
						exit(1);
				}
		}
}
```

◉本誌88年9月号，171ページの右段のプログラムリストが反転し，天地が逆になっておりましたことを，ここに深くお詫び申し上げます。

連載

CGのための図学(8)

コンピュータ・グラフィックスで扱われる図学——図形処理の基礎学について，プログラムリストを示しながら説明する。

長島　忍*

はじめに

はじめに，前回の練習問題の答えについて説明する。

● ［7-1］　2次のBézier曲線

$P_1=(0,\ 0), P_2=(3,\ 0), P_3=(3,\ 3)$

を3次のBézier曲線で表現せよ。

$P_1P_2P_3$を制御点とする2次のBézier曲線式は，

$c(t:2)=(1-t+t\lambda)^2P_1$

である。これを3次のBézier曲線で表現したい場合には，2次Bézier曲線の制御点$P_1P_2P_3$に対し，3次Bézier曲線の制御点をP_1'，P_2'，P_3'，P_4'とすると，

$P_1'=P_1$

$P_2'=\alpha P_1+\beta P_2$

$P_3'=\gamma P_2+\delta P_3$

$P_4'=P_3$

ただし，$\alpha=1/3$，$\beta=2/3$，$\gamma=2/3$，$\delta=1/3$で，**図1** (1)のようになる。上の例では，

$P_1'=(0,\ 0)$　$P_2'=(2,\ 0)$

$P_3'=(3,\ 1)$　$P_4'=(3,\ 3)$

となる。

● ［7-2］　3次のBézier曲線を4次のBézier曲線で表現するには？

2次Bézier曲線を3次Bézier曲線で表現する方法を前回説明したが，この方法と同じやり方で表現できる。3次を4次のBézier曲線で表現するには，3次Bézier曲線の制御点$P_1P_2P_3P_4$に対し，P_1とP_2，P_2とP_3，P_3とP_4の間に新しい制御点をとって4次のBézier曲線にすることができる。4次Bézier曲線の制御点をP_1'，P_2'，P_3'，P_4'，P_5'とすると，

$P_1'=P_1$

$P_2'=\alpha P_1+\beta P_2$，$\alpha+\beta=1$

$P_3'=\gamma P_2+\delta P_3$，$\gamma+\delta=1$

$P_4'=\varepsilon P_3+\zeta P_4$，$\varepsilon+\zeta=1$

$P_5'=P_4$

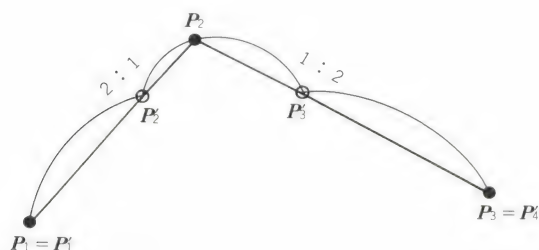
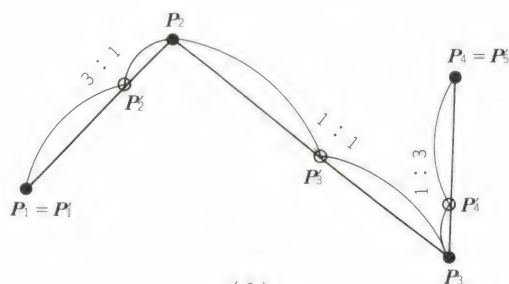
である。4次のBézier曲線式を$P_1P_2P_3P_4$で表すと，

$c(t:4)$

$\quad=(1-t+t\lambda)^4P_1'$

(1)

(2)

図　1

*ながしま　しのぶ　　東京大学　教養学部　情報・図形科学教室　〒153　東京都目黒区駒場3-8-1

$$
\begin{aligned}
&= (1-t)^4 \boldsymbol{P}_1' + 4(1-t)^3 t \boldsymbol{P}_2' \\
&\quad + 6(1-t)^2 t^2 \boldsymbol{P}_3' \\
&\quad + 4(1-t) t^3 \boldsymbol{P}_4' + t^4 \boldsymbol{P}_5' \\
&= (1-t)^4 \boldsymbol{P}_1 + 4(1-t)^3 t(\alpha \boldsymbol{P}_1 + \beta \boldsymbol{P}_2) \\
&\quad + 6(1-t)^2 t^2 (\gamma \boldsymbol{P}_2 + \delta \boldsymbol{P}_3) \\
&\quad + 4(1-t) t^3 (\varepsilon \boldsymbol{P}_3 + \xi \boldsymbol{P}_4) \\
&\quad + t^4 \boldsymbol{P}_4 \\
&= \{(1-t)^4 + 4(1-t)^3 t\alpha\} \boldsymbol{P}_1 \\
&\quad + \{4(1-t)^3 t\beta + 6(1-t)^2 t^2 \gamma\} \boldsymbol{P}_2 \\
&\quad + \{6(1-t)^2 t^2 \delta + 4(1-t)^3 t\varepsilon\} \boldsymbol{P}_3 \\
&\quad + \{4(1-t) t^3 \xi + t^4\} \boldsymbol{P}_4
\end{aligned}
$$

これが $c(t:3)$ に恒等的に等しいためには，例えば

$$
\begin{aligned}
&(1-t)^4 + 4(1-t)^3 t\alpha \\
&\quad = (1-t)^3 (1-t+4t\alpha) \\
&\quad \equiv (1-t)^3
\end{aligned}
$$

から $\alpha = 1/4$ が決まる。同じように $\beta = 3/4$，$\gamma = 1/2$，$\delta = 1/2$，$\varepsilon = 3/4$，$\xi = 1/4$ が求まり，図 1(2)のように内分することがわかる。したがって，

$$
\begin{aligned}
\boldsymbol{P}_1' &= \boldsymbol{P}_1 \\
\boldsymbol{P}_2' &= \boldsymbol{P}_1/4 + 3\boldsymbol{P}_2/4 \\
\boldsymbol{P}_3' &= \boldsymbol{P}_2/2 + \boldsymbol{P}_3/2 \\
\boldsymbol{P}_4' &= 3\boldsymbol{P}_3/4 + \boldsymbol{P}_4/4 \\
\boldsymbol{P}_5' &= \boldsymbol{P}_4
\end{aligned}
$$

となる。

● [7-3]　Bézier 曲線と直線との交点は？

これについては本文を参照のこと。

● [7-4]　Bézier 曲面の式は？

これについては次回説明することにする。

Bézier 曲線と直線との交点

自由曲線・曲面については，目的とする形状をいかに容易に生成するかということも重要であるが，いろいろな形状処理を行うには，交点・交線の算出などさまざまな計算が必要になる。例えば，自由曲面をレイ・トレーシングで表示するためには，視線(直線)と自由曲面との交点を計算しなければならないし，曲面を自動的に切削するためには，工具形状と曲面との接触点を計算しなければならない。ここでは簡単な例として，平面上における 3 次 Bézier 曲線セグメントと直線との交点計算を行ってみる。

3 次 Bézier 曲線セグメントは，$\lambda \boldsymbol{P}_i = \boldsymbol{P}_{i+1}$ という演算子を用いると，

$$c(t:3) = (1-t+t\lambda)^3 \boldsymbol{P}_1$$

という式で表され，4 つの制御点 $\boldsymbol{P}_1 \boldsymbol{P}_2 \boldsymbol{P}_3 \boldsymbol{P}_4$ で形が決まる。4 つの制御点を $\boldsymbol{P}_1(P_{1x}, P_{1y})$，$\boldsymbol{P}_2(P_{2x}, P_{2y})$，$\boldsymbol{P}_3(P_{3x}, P_{3y})$，$\boldsymbol{P}_4(P_{4x}, P_{4y})$ とし，曲線上の点を (c_x, c_y) とすると，曲線上の点の x 座標 c_x，制御点の x 座標だけから計算される。

$$
\begin{aligned}
&c_x(t) \\
&\quad = (1-t+t\lambda)^3 P_{1x} \\
&\quad = (1-t)^3 P_{1x} + 3(1-t)^2 t P_{2x} \\
&\qquad + 3(1-t) t^2 P_{3x} + t^3 P_{4x} \\
&\quad = (-P_{1x} + 3P_{2x} - 3P_{3x} + P_{4x}) t^3 \\
&\qquad + (3P_{1x} - 6P_{2x} + 3P_{3x}) t^2 \\
&\qquad + (-3P_{1x} + 3P_{2x}) t + P_{1x}
\end{aligned}
$$

c_x は t の 3 次式になる。したがって x に対応する t を求めるには，この 3 次方程式の解を求めなければならない。

y 座標 c_y も，

$$c_y(t) = (1-t+t\lambda)^3 P_{1y}$$

$c_x(t)$ と同じような t の 3 次式になる。

直線の方程式を $ax+by+c=0$ とすると，Bézier 曲線と直線との交点を求める方程式は，

$$f(t) = ac_x(t) + bc_y(t) + c = 0$$

という t についての 3 次方程式になる。一変数の 3 次方程式は，ニュートン-ラフソン法(単にニュートン法ともいう)，2 分法，はさみ打ち法などの反復計算やカルダノの方法で解を求めることができる。

ニュートン-ラフソン法はあるパラメータ t_i に対し，

$$t_{i+1} = t_i - f(t_i)/f'(t_i)$$

という反復計算を行うことにより解を求めることができる。3 次方程式では，$f(t)$ は

$$f(t) = a_0 t^3 + a_1 t^2 + a_2 t + a_3 = 0$$

であるから，

$$f'(t) = 3a_0 t^2 + 2a_1 t + a_2$$

である。

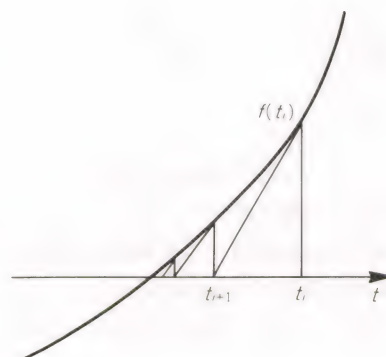
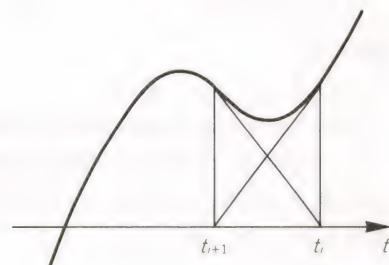
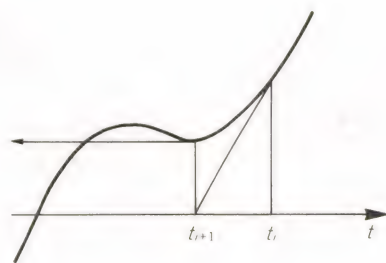
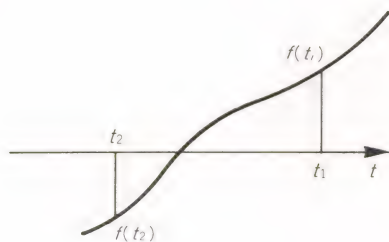
ニュートン-ラフソン法の反復計算を図で表すと**図 2** (1)のようになる。ニュートン-ラフソン法の問題点は，図 2 (2)の

(1)

(2)

(3)

(4)

図 2

ように解が収束しなかったり，図2(3)のように$f'(t)=0$のとき解が求められないことである。

2分法やはさみ打ち法は，$f(t_1)>0$と$f(t_2)<0$である初期値t_1，t_2を探し，t_1とt_2の幅を狭めていく方法である。$f'(t)$の計算は必要ないが，ニュートン-ラフソン法に比べると収束が遅い。

ニュートン-ラフソン法でBézier曲線と直線との交点を求めるプログラムを**図3**に示す。このプログラムは1つの3次Bézier曲線セグメントと直線を表示し，指定したパラメータを初期値として逐次計算を行い，解を求めるものである。

プログラム13〜22行が，引数のパラメータtに対応するBézier曲線の座標値を計算する手続きである。制御点の座標値bezや座標値**x**0，**y**0は共通変数となっている。

プログラム24〜47行がBézier曲線セグメントの4つの制御点の座標値を入力し，入力した曲線を表示する手続きである。制御点は大きい×印で，曲線はパラメータを40分割して表示する。

プログラム49〜65行は線分の始点・終点の座標値を入力・表示し，直線の方程式$ax+by+c=0$の係数a，b，cを計算する手続きである。

プログラム67〜71行，22〜31行はそれぞれ関数値および微分値$f(t)$，$f'(t)$を計算する関数である。関数値はBézier曲線の座標値計算と係数a，b，cを利用すれば簡単に計算できる。微分値は座標値と同じように計算したが，はじめにa_0，a_1，a_2，a_3を計算しておく方法も考えられる。

プログラム85〜108行がニュートン-ラフソン法で，反復計算を行う手続きである。収束つまり$t_i \fallingdotseq t_{i+1}$のとき，反復回数が異常に多いとき(100回以上)，パラメータtが0〜1の範囲を超えたときなどに反復を中止する。

110〜122行がメインプログラムで，曲線の入力と表示，直線の入力と表示を行い，パラメータtの初期値を入力し，交点を求める。交点計算後は再び新しいパラメータ値を入力し，反復計算を繰り返す。入力したパラメータ値がマイナスのとき実行を停止する。

このプログラムの実行例を**図4**にいくつか示す。図4(1)のBézier曲線の座標値は，

$\boldsymbol{P}_1=(-10, -10)$　$\boldsymbol{P}_2=(-10, 10)$
$\boldsymbol{P}_3=(10, 10)$　$\boldsymbol{P}_4=(10, -10)$

である。直線の始点・終点の座標値は，(−12, −10)と(12, 8)である。2つの交点があり，0.1と0.6の初期値で交点が得られた。

次の曲線(図4(2))は端でくるっと丸くなった曲線例で，制御点の座標値は，

●図3は169，170ページ参照。

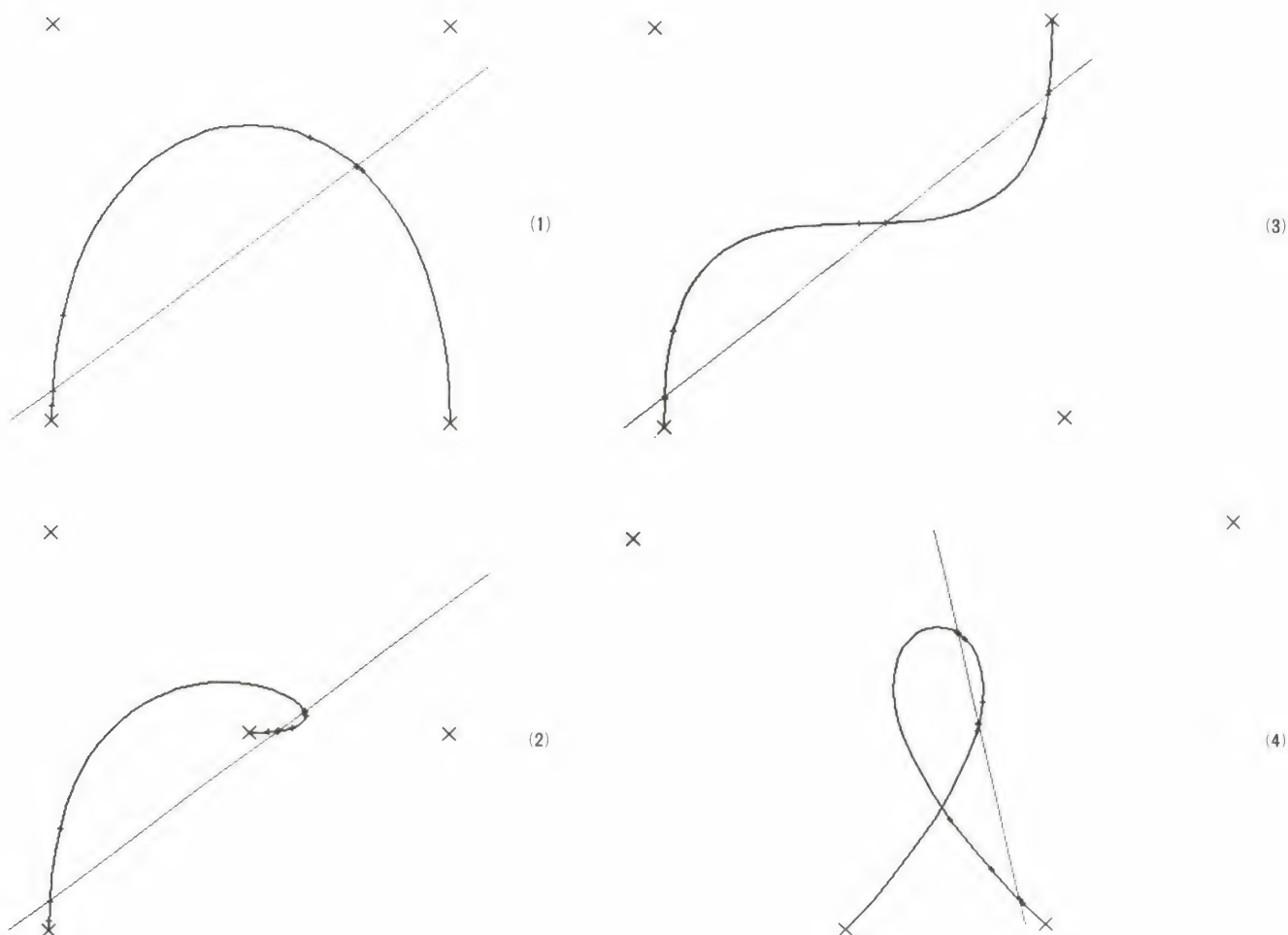



図　4

$P_1=(-10, -10)$　$P_2=(-10,\ 10)$

$P_3=(10,\ 0)$　$P_4=(0,\ 0)$

である。直線の始点・終点の座標値は前の例と同じ(−12, −10)と(12, 8)である。この場合，交点は3つあり，0.1，0.8，0.9で解が得られた。

次の曲線(図4(3))はS字曲線の例で，制御点の座標値は，

$P_1=(-10, -10)$　$P_2=(-10,\ 10)$

$P_3=(10, -10)$　$P_4=(10,\ 10)$

である。直線の始点・終点の座標値は，(−12, −10)と(12, 8)である。0.1，0.5，0.9の初期値を入力することにより，3つの交点が得られた。

4番目の曲線(図4(4))は全体に大きいループを作っている曲線で，制御点の座標値は，

$P_1=(5, -10)$　$P_2=(-15,\ 10)$

$P_3=(15,\ 10)$　$P_4=(-5, -10)$

である。直線の始点・終点の座標値は(0, 10)と(4, −10)である。初期値は0.05，0.6，0.75で3つの解が得られた。

この平面上のBézier曲線と直線との交点計算式に z 成分を加えれば，空間中のBézier曲線と平面 $ax+by+cz+d=0$ との交点を求める計算になる。

Bézier曲線どうしの交点

もう少し複雑な例として，平面上の2つのBézier曲線どうしの交点を求めてみる。前の例から推察すると2変数の3次方程式を解くことになり，これはニュートン-ラフソン法で逐次計算を行って解くことができる。

2つの3次Bézier曲線を

$c_1(t_1)=(1-t_1+t_1\boldsymbol{\lambda})^3\boldsymbol{P}_1$

$c_2(t_2)=(1-t_2+t_2\boldsymbol{\lambda})^3\boldsymbol{Q}_1$

とすると，交点の方程式は，

$f(t_1, t_2)=c_1(t_1)-c_2(t_2)=0$

となり，x 成分，y 成分について2つの方程式がある。それらを f_1，f_2 とする。

$f_1(t_1, t_2)=c_{1x}(t_1)-c_{2x}(t_2)=0$

$f_2(t_1, t_2)=c_{1y}(t_1)-c_{2y}(t_2)=0$

2変数で2つの非線形方程式をニュートン-ラフソン法で解くには，次のようにする。パラメータを $\boldsymbol{t}_i=(t_1,\ t_2)$ とし，次の収束値

$\boldsymbol{t}_{i+1}=\boldsymbol{t}_i+(\Delta t_1,\ \Delta t_2)$

とすると，

$$\begin{pmatrix}\dfrac{\partial f_1}{\partial t_1} & \dfrac{\partial f_2}{\partial t_1}\\ \dfrac{\partial f_1}{\partial t_2} & \dfrac{\partial f_2}{\partial t_2}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\Delta t_1\\ \Delta t_2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}f_1(t_1,\ t_2)\\ f_2(t_1,\ t_2)\end{pmatrix}$$

が $(\Delta t_1, \Delta t_2)$ を求める方程式になる。この交点計算の場合，$c_{1x}(t_1)$ を t_2 で偏微分したり，$c_{2x}(t_2)$ を t_1 で微分すると0になるから，行列の各成分は，

$\partial f_1/\partial t_1=c_1{}'_x(t_1)$

$\partial f_2/\partial t_1=c_1{}'_x(t_1)$

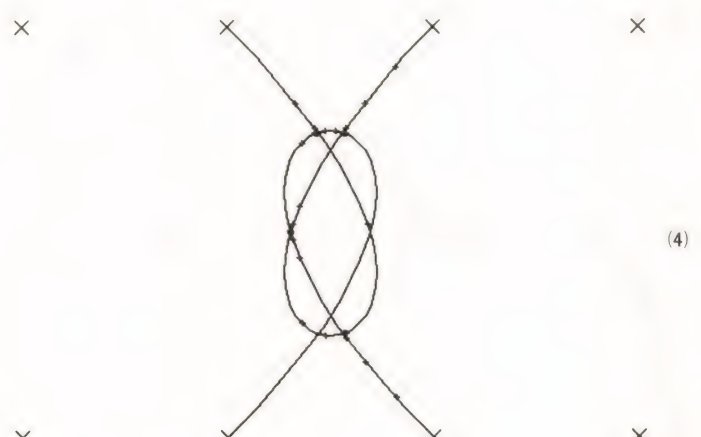
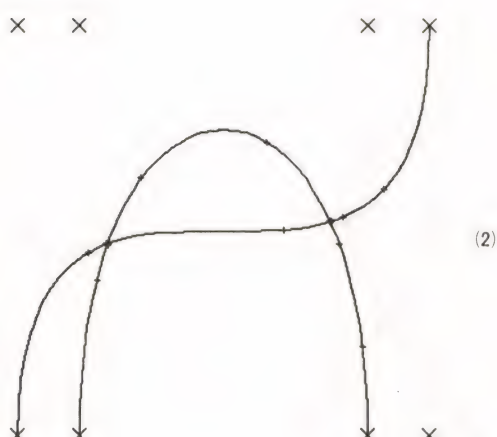
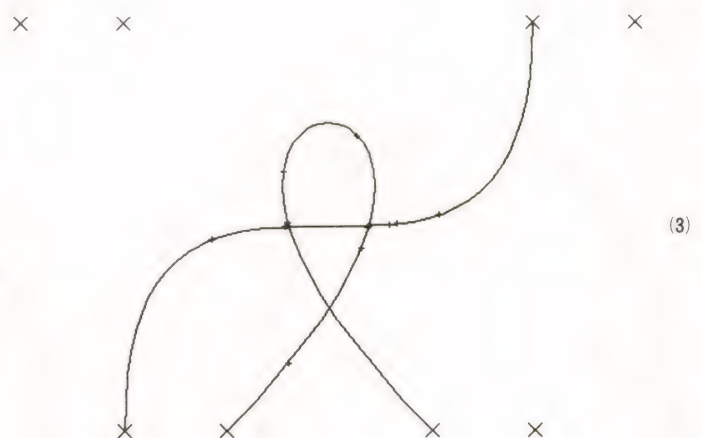
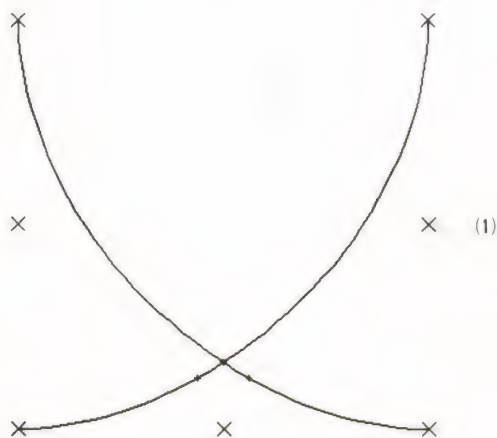



図 6

◉図5は次ページ。

$\partial f_1/\partial t_2 = -c_2{}'_x(t_2)$

$\partial f_2/\partial t_2 = -c_2{}'_x(t_2)$

となる。

2つの3次Bézier曲線の交点をニュートン法で計算するプログラムを，**図5**に示す。プログラム11〜20行，22〜31行がBézier曲線の座標値と微分値を計算する手続きである。前のプログラムと似ているが，2つのBézier曲線に対し計算を行うため，制御点，パラメータ，座標値をすべて引数とした。プログラム33〜56行も前のプログラムとほとんど同じで，Bézier曲線の座標値を入力して表示する手続きである。

プログラム58〜95行がニュートン法で解を計算する手続きである。このうち69〜72行がf_x, f_yの計算，73〜75行が$\partial f_1/\partial t_1$，$\partial f_2/\partial t_1$，$\partial f_1/\partial t_2$，$\partial f_2/\partial t_2$の計算部分，76〜78行が$\Delta t_1$，$\Delta t_2$を計算する部分，80〜87行が$t_1$，$t_2$に対応する曲線の位置を表示する部分である。逐次計算の繰返しを中止するのは，解に収束した場合，つまりΔt_1，$\Delta t_2 \fallingdotseq 0$のとき，$t_1$または$t_2$のどちらかのパラメータが0〜1の範囲を超えた場合，繰返し回数が異常に多い場合(100回以上)のいずれかである。

図6がこのプログラムの実行例である。はじめの曲線の制御点を$\boldsymbol{P}_1\boldsymbol{P}_2\boldsymbol{P}_3\boldsymbol{P}_4$，2番目の曲線の制御点を$\boldsymbol{Q}_1\boldsymbol{Q}_2\boldsymbol{Q}_3\boldsymbol{Q}_4$とすると，図6(1)では，

$\boldsymbol{P}_1=(-10, -10)$　$\boldsymbol{P}_2=(0, -10)$

$\boldsymbol{P}_3=(10, 0)$　$\boldsymbol{P}_4=(10, 10)$

$\boldsymbol{Q}_1=(10, -10)$　$\boldsymbol{Q}_2=(0, -10)$

$\boldsymbol{Q}_3=(-10, 0)$　$\boldsymbol{Q}_4=(-10, 10)$

という対称な形をしている。交点は1つあり，0.3と0.3で解が得られた。

図6(2)はS字曲線とU字曲線の例で制御点の座標値は，

$\boldsymbol{P}_1=(-10, -10)$　$\boldsymbol{P}_2=(-10, 10)$

$\boldsymbol{P}_3=(10, -10)$　$\boldsymbol{P}_4=(10, 10)$

$\boldsymbol{Q}_1=(-7, -10)$　$\boldsymbol{Q}_2=(-7, 10)$

$\boldsymbol{Q}_3=(7, 10)$　$\boldsymbol{Q}_4=(7, -10)$

である。交点は2つあり，0.3と0.3および0.6と0.6の組合せで2つの解が得られた。

図6(3)はS字曲線とループを組み合わせたもので，制御点は，

$\boldsymbol{P}_1=(-10, -10)$　$\boldsymbol{P}_2=(-10, 10)$

$\boldsymbol{P}_3=(10, -10)$　$\boldsymbol{P}_4=(10, 10)$

$\boldsymbol{Q}_1=(5, -10)$　$\boldsymbol{Q}_2=(-15, 10)$

$\boldsymbol{Q}_3=(15, 10)$　$\boldsymbol{Q}_4=(-5, -10)$

である。交点は2つあり，0.3と0.3および0.6と0.6の組合せで2つの解が得られた。

図6(4)は全く同じ2つのループを組み合わせた複雑な例で，制御点は，

$\boldsymbol{P}_1=(5, -10)$　$\boldsymbol{P}_2=(-15, 10)$

$\boldsymbol{P}_3=(15, 10)$　$\boldsymbol{P}_4=(-5, -10)$

$\boldsymbol{Q}_1=(5, 10)$　$\boldsymbol{Q}_2=(-15, -10)$

$\boldsymbol{Q}_3=(15, -10)$　$\boldsymbol{Q}_4=(-5, 10)$

である。実際には6つの解があるが表示が見にくくなるため，4つの解を求めた。0.2と0.55, 0.4と0.4, 0.45と0.8, 0.55と0.2のパラメータを指定したが，このくらい複雑になるとどの交点が求まるのかよくわからなくなる。

Bézier曲線と直線との交点，Bézier曲線どうしの交点計算の場合も，4〜7回程度の繰返しで解に収束した。初期値は大まかな値を与えればよいが，初期値の値によっては解が得られないこともある。実際の処理に利用するには，パラメータの値を見て決めるわけにはいかないから，曲線を折れ線近似して交点の大体の位置を計算しておくのもよいかもしれない。

練習問題

[8-1]　空間Bézier曲線と平面との交点算出方法は？

[8-2]　2分法やはさみ打ち法とは？

[8-3]　交点でBézier曲線を2つに分割するとそれぞれの曲線の座標値は？

[8-4]　次の2次Bézier曲線を$t=0.5$で2つの2次曲線に分割すると？

$\boldsymbol{P}_1=(0,0)$，$\boldsymbol{P}_2=(2,0)$，$\boldsymbol{P}_3=(0,2)$

▼図　3

```
 1: {  *** Bezier曲線と直線との交点 ***  }
 2: program Bezier_curve6;
 3:
 4: {$I plot.lib} {  グラフィクス・ライブラリ  }
 5:
 6: var sp, ep : array[1..2] of real;
 7:     a, b, c : real;
 8:     bez : array[1..4,1..2] of real;
 9:     x0, y0 : real;
10: const ndiv = 40;
11:       scl = 16.0;
12:
13: procedure bez_point(t : real);   {  座標値の計算  }
14: var w1, w2, w3, w4 : real;
15: begin
16:   w1 := (1.0-t)*(1.0-t)*(1.0-t);
17:   w2 := 3.0*t*(1.0-t)*(1.0-t);
18:   w3 := 3.0*t*t*(1.0-t);
19:   w4 := t*t*t;
20:   x0 := w1*bez[1,1] + w2*bez[2,1] + w3*bez[3,1] + w4*bez[4,1];
21:   y0 := w1*bez[1,2] + w2*bez[2,2] + w3*bez[3,2] + w4*bez[4,2];
22: end;
23:
24: procedure curve_display;     {  曲線の入力と表示  }
25: var  i, j, h1, v1, h2, v2 : integer;
26:      t : real;
27: begin
28:   g_color(6);
29:   for i := 1 to 4 do begin   {  制御点の入力と表示  }
30:     write('座標値(x y) ? ');
31:     readln(bez[i,1],bez[i,2]);
32:     h1 := round( bez[i,1]*scl + 320.0);
33:     v1 := round(-bez[i,2]*scl + 200.0);
34:     g_line(h1-5,v1-5,h1+5,v1+5);   {  ×印の表示  }
35:     g_line(h1-5,v1+5,h1+5,v1-5);
36:   end;
37:   for i := 0 to ndiv do begin
38:     t := i / ndiv;
39:     bez_point(t);
40:     h1 := round( x0*scl + 320.0);
41:     v1 := round(-y0*scl + 200.0);
42:     g_color(7);
43:     if  i > 0 then g_line(h1,v1,h2,v2);   {  曲線の表示  }
44:     h2 := h1;
45:     v2 := v1;
46:   end;
47: end;
48:
49: procedure line_display;     {  直線の入力と表示  }
50: var h1, v1, h2, v2 : integer;
51: begin
52:   g_color(2);
53:   write('始点の座標値(x y) ? ');
54:   readln(sp[1],sp[2]);
55:   write('終点の座標値(x y) ? ');
```

(前ページより続く。)

```
 56:   readln(ep[1],ep[2]);
 57:   h1 := round( sp[1]*scl + 320.0);
 58:   v1 := round(-sp[2]*scl + 200.0);
 59:   h2 := round( ep[1]*scl + 320.0);
 60:   v2 := round(-ep[2]*scl + 200.0);
 61:   g_line(h1,v1,h2,v2);
 62:   a := ep[2] - sp[2];   {  ax+by+c = 0  }
 63:   b := sp[1] - ep[1];
 64:   c := sp[2]*(ep[1]-sp[1])-sp[1]*(ep[2]-sp[2]);
 65: end;
 66:
 67: function f(t:real):real;  {  関数f(x)  }
 68: begin
 69:   bez_point(t);
 70:   f  := a*x0 + b*y0 + c;
 71: end;
 72:
 73: function df(t:real):real;  {  導関数f'(x)  }
 74: var w1, w2, w3, w4, x1, y1 : real;
 75: begin
 76:   w1 := -3.0*t*t +6.0*t-3.0;      {  1次微分の計算  }
 77:   w2 :=  9.0*t*t-12.0*t+3.0;
 78:   w3 := -9.0*t*t +6.0*t;
 79:   w4 :=  3.0*t*t;
 80:   x1 := w1*bez[1,1] + w2*bez[2,1] + w3*bez[3,1] + w4*bez[4,1];
 81:   y1 := w1*bez[1,2] + w2*bez[2,2] + w3*bez[3,2] + w4*bez[4,2];
 82:   df := a*x1 + b*y1;
 83: end;
 84:
 85: procedure newton(t : real);      {  ニュートン法  }
 86: const eps = 1.e-8;
 87:       max = 100;
 88: var i, h1, v1 : integer;
 89:     dt: real;
 90: begin
 91:   writeln('i':3,'t':8,'x':14,'y':14);
 92:   i := 0;
 93:   g_color(4);
 94:   repeat
 95:     i:= i + 1;
 96:     dt := -f(t) / df(t);
 97:     writeln(i:3,'  ',t:12,'  ',x0:12,'  ',y0:12);
 98:     h1 := round( x0*scl + 320.0);
 99:     v1 := round(-y0*scl + 200.0);
100:     g_line(h1-2,v1,h1+2,v1);
101:     g_line(h1,v1-2,h1,v1+2);
102:     read;
103:     t := t + dt;
104:   until (i >=max) or
105:         (abs(dt) < eps) or
106:         (t < 0.0) or
107:         (t > 1.0);
108: end;
109:
110: var t : real;    {  メインプログラム  }
111: begin
112:   g_init;
113:   g_cls;
114:   curve_display;
115:   line_display;
116:   repeat
117:     write('初期値 ? ');
118:     readln(t);
119:     if t < 0.0 then exit;
120:     newton(t);
121:   until false;
122: end.
```

▼図 5

```
  1: {  *** Bezier曲線どうしの交点 ***  }
  2: program Bezier_curve7;
  3:
  4: {$I plot.lib}  {  グラフィクス・ライブラリ  }
  5:
  6: type bez_3 = array[1..4,1..2] of real;
  7: const ndiv = 40;
  8:       scl = 16.0;
  9: var bez1, bez2 : bez_3;
 10:
 11: procedure bez_point(bez:bez_3; var t,x0,y0:real);
 12: var w1, w2, w3, w4 : real;
 13: begin
 14:   w1 := (1.0-t)*(1.0-t)*(1.0-t);  {  座標値の計算  }
 15:   w2 := 3.0*t*(1.0-t)*(1.0-t);
 16:   w3 := 3.0*t*t*(1.0-t);
 17:   w4 := t*t*t;
 18:   x0 := w1*bez[1,1] + w2*bez[2,1] + w3*bez[3,1] + w4*bez[4,1];
 19:   y0 := w1*bez[1,2] + w2*bez[2,2] + w3*bez[3,2] + w4*bez[4,2];
 20: end;
 21:
 22: procedure d_bez(bez:bez_3; var t,x1,y1:real);
 23: var w1, w2, w3, w4 : real;
 24: begin
 25:   w1 := -3.0*t*t +6.0*t-3.0;      {  1次微分の計算  }
 26:   w2 :=  9.0*t*t-12.0*t+3.0;
 27:   w3 := -9.0*t*t +6.0*t;
 28:   w4 :=  3.0*t*t;
 29:   x1 := w1*bez[1,1] + w2*bez[2,1] + w3*bez[3,1] + w4*bez[4,1];
 30:   y1 := w1*bez[1,2] + w2*bez[2,2] + w3*bez[3,2] + w4*bez[4,2];
 31: end;
 32:
 33: procedure curve_display(var bez:bez_3);  {  曲線の入力と表示  }
 34: var  i, j, h1, v1, h2, v2 : integer;
 35:      t, x0, y0 : real;
 36: begin
 37:   g_color(6);
 38:   for i := 1 to 4 do begin   {  制御点の入力と表示  }
 39:     write('座標値(x y) ? ');
 40:     readln(bez[i,1],bez[i,2]);
 41:     h1 := round( bez[i,1]*scl + 320.0);
 42:     v1 := round(-bez[i,2]*scl + 200.0);
 43:     g_line(h1-5,v1-5,h1+5,v1+5);   {  ×印の表示  }
 44:     g_line(h1-5,v1+5,h1+5,v1-5);
 45:   end;
 46:   for i := 0 to ndiv do begin
 47:     t := i / ndiv;
 48:     bez_point(bez,t,x0,y0);
 49:     h1 := round( x0*scl + 320.0);
 50:     v1 := round(-y0*scl + 200.0);
 51:     g_color(7);
 52:     if  i > 0 then g_line(h1,v1,h2,v2);   {  曲線の表示  }
 53:     h2 := h1;
 54:     v2 := v1;
 55:   end;
 56: end;
 57:
 58: procedure newton(t1,t2 : real);     {  ニュートン法  }
 59: const eps = 1.e-8;
 60:       max = 100;
 61: var i, h1, v1 : integer;
 62:     x1, y1, x2, y2, fx, fy,
 63:     dt1, dt2, f11, f12, f21, f22, det : real;
 64: begin
 65:   i := 0;
 66:   g_color(4);
 67:   repeat
 68:     i:= i + 1;
 69:     bez_point(bez1,t1,x1,y1);    {  関数f(x)  }
 70:     bez_point(bez2,t2,x2,y2);
 71:     fx := x1 - x2;
 72:     fy := y1 - y2;
 73:     d_bez(bez1,t1,f11,f21);        {  導関数f'(x)  }
 74:     d_bez(bez2,t2,f12,f22);
 75:     f12 := -f12;  f22 := -f22;
 76:     det := f11*f22 - f12*f21;
 77:     dt1 := -( f22*fx - f12*fy)/det;
 78:     dt2 := -(-f21*fx + f11*fy)/det;
 79:     writeln('i=',i:3,' t1=',t1:8:3,' t2=',t2:8:3);
 80:     h1 := round( x1*scl + 320.0);       {  点の表示  }
 81:     v1 := round(-y1*scl + 200.0);
 82:     g_line(h1-2,v1,h1+2,v1);
 83:     g_line(h1,v1-2,h1,v1+2);
 84:     h1 := round( x2*scl + 320.0);
 85:     v1 := round(-y2*scl + 200.0);
 86:     g_line(h1-2,v1,h1+2,v1);
 87:     g_line(h1,v1-2,h1,v1+2);
 88:     read;
 89:     t1 := t1 + dt1;
 90:     t2 := t2 + dt2;
 91:   until (i >= max) or
 92:         (abs(dt1) < eps) and (abs(dt2) < eps) or
 93:         (t1 < 0.0) or (t1 > 1.0) or
 94:         (t2 < 0.0) or (t2 > 1.0);
 95: end;
 96:
 97: var t1, t2 : real;
 98: begin
 99:   clrscr;
100:   g_init;
101:   g_cls;
102:   curve_display(bez1);
103:   curve_display(bez2);
104:   repeat
105:     write('２つの初期値 ? ');
106:     readln(t1,t2);
107:     if t1 < 0.0 then exit;
108:     newton(t1,t2);
109:   until false;
110: end.
```

NEWS SCAN

凸版印刷がCG立体印刷技術を開発

凸版印刷は，CG（コンピュータ・グラフィックス）のデータから立体印刷物を作成するための大量製造技術を開発した。同社ではディスプレイ用など多分野での利用を期待し積極的に販売していく。

この「CGステレオ印刷」は，CGのデジタル・データから求める画像，画面を選び，これを立体印刷用のアナログ・データに変換し，レンチキュラー・レンズによって可視像として合成するもので，アングルやサイズの設定も自由に行うことができる。また，被写体撮影時の画像の光学的ゆがみやライティングの制限などもない。

グラフィックスとCADシンポジウム

情報処理学会は「グラフィックスとCADシンポジウム」を，10月25日と26日の2日間，東京都港区の機械振興会館で開催する。詳細は次の通り。

主　催　情報処理学会
開催日　10月25日(火)～26日(水)　9～17時
会　場　機械振興会館大ホール（地下2階）
問合せ先　情報処理学会
〒106　東京都港区麻布台2-4-2保科ビル3F　☎03(505)0505

第4回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム

計測自動制御学会は，11月3日から5日まで「第4回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム」を開催する。3日には「ヒューマン・エラー」のテーマで講習会を行い，4日と5日がシンポジウムとなる。シンポジウムでは「ヒューマン・インタフェースには統一理論があり得るか」「AIはヒューマン・インタフェースの味方か」「画像・図形インタフェースは万能か」といった問題提起に基づいた発表が行われる。詳細は下記の通り。

主　催　計測自動制御学会
会　期　シンポジウム：11月3日(木)
講習会：4日(金)，5日(土)
会　場　国立教育会館（東京都千代田区）
参加費
- 講習会　一般2万円（学生空席待ち4,000円）
- シンポジウム　部会員1万円，学会員1万2,000円，会員外1万5,000円，学生聴講1,000円

問合せ先　第4回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム事務局　東京大学理学部情報科学科　山田研究室内
☎03(812)2111　内線4239

第4回NICOGRAPH論文コンテスト入選論文

日本コンピュータ・グラフィックス協会が主催する「第4回NICOGRAPH論文コンテスト」（審査委員長：相磯秀夫慶応義塾大学理工学部教授）の入選論文および佳作・奨励賞が決定した。表彰式は11月7日，東京・大手町の日経ホール「NICOGRAPH'88」の会場で開催される。応募総数41編中，入選が4編，佳作が5編，奨励賞が4編であった。受賞論文は次の通り（敬称略）。

入選論文
- 「音声情報に基づく表情の自動合成の研究」
森島繁生（成蹊大学），相沢清晴，原島博（東京大学）
- 「部分更新レイトレーシング」
広田克彦，村上公一（富士通研究所）
- 「コンピュータグラフィックスによるランプ表示システムの開発」
西尾達也（三菱自動車工業），安田孝美，横井茂樹，鳥脇純一郎（名古屋大学）
- 「放射線治療計画における3D処理法とその臨床応用」
鶴野玲治（近畿大学），磯部義秀，尾崎新（大阪労災病院），馬場鉄一（近畿大学），長江貞彦（大阪府立大学）

佳作論文
- 「変形による衝突回避のアニメーション手法」
寺沢幹雄，柴本猛（日本ビクター）
- 「知的な機器配置レイアウトCADシステム」
片桐雅二（日本電信電話）
- 「被服の着装感表現ースカートの着装感表現ー」
宇田紀之，鶴岡信治，木村文隆，三宅康二（三重大学）
- 「コンピュータ・グラフィックスを用いた高度頭蓋形成手術計画支援システム」
安田孝美（名古屋大学），橋本安弘（ソニー），加藤憲，横井茂樹，鳥脇純一郎（名古屋大学）
- 「国勢調査調査区マッピングシステムの開発と利用」
両角光男，山崎彰夫，木島安史（熊本大学），河津聖治（旭化成工業）

奨励賞論文
- 「景観表示のための樹木の生成方法」
中嶋正之，福田智美，安居院猛（東京工業大学）
- 「履歴情報管理における試行錯誤的な設計環境の支援」
佐藤敏明，鳥谷浩志，植田健治（リコー），千代倉弘明（リコーコーポレーション）
- 「自由形状曲面の2自由度ブレンディングによる生成」
牧野光則，佐々木康仁，山口泰広（早稲田大学），大竹竜人（郵政省），大石進一（早稲田大学）
- 「自由曲面のテクスチャ・マッピングについての考察」
香川正明，今野晃市，高村禎二（リコー）

「グラフィックデザインの現場——CG」JAGDAシンポジウム

JAGDA（日本グラフィックデザイナー協会）は，第7回JAGDAコンピュータシンポジウム1988「グラフィックデザインの現場——CG」を，11月8日(火)，東京・芝公園のABC会館ホールで開催する。プログラムは4部に分かれ，第1部ではグラフィック・デザインの日常の制作現場でCGがどのように利用されているかを紹介する。第2部ではJAGDA会員によるCG作品制作のプロセスを解説する。第3部は「スーパーコンピュータとAI時代のデザイナーは…」というテーマでパネル・ディスカッションが行われる。第4部はSIGGRAPH'88のフィルム・アンド・ビデオ・ショーのアニメーション作品を紹介する。

参加費　前売が会員5,000円，一般1万円
当日が会員6,000円，一般1万1,000円
問合せ先　日本グラフィックデザイナー協会／JAGDA事務局
☎03(404)2557

ノバ グラフィックス本社移転

ノバ グラフィックス ジャパンが業務拡張のため，10月1日より本社を下記の住所に移転した。新住所は次の通り。
ノバ グラフィックス ジャパン株式会社
〒102　東京都千代田区一番町10-2
一番町Mビル9F
☎03(238)0922　FAX 03(238)0980

掲示板

背景データを画像化した地図情報システム

パスコ

OURSは，これまでの地図情報システムの常識を破るものです。従来の地図情報システムでは，背景となる家屋や道路の情報と各種の意味をもつ主題の情報が，同じベクトル・データとして管理・作成されてきました。このとき，背景データの占めるデータの量が多ければ多いほど入力コストに対するシステム化のメリットは減少します。

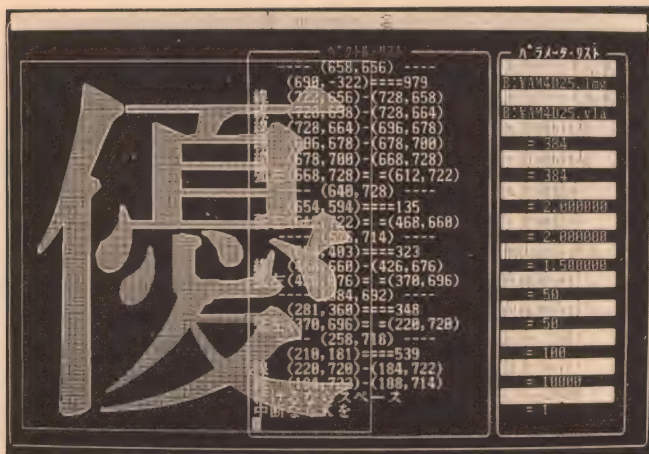
OURSでは，背景情報は既存の地図を画像情報として光ディスクに記録し，任意の位置を中心に約3秒で表示します。そのうえ，背景画像情報は自由にスクロールが可能で，光ディスクの片面1.6Gバイトを連続した地図として取り扱うことができます。また，背景画像の上には，26種類のビット演算をしながら自由にベクトル・データを重ねて表示することができます。

OURSは，Y市において都市計画情報を市民に提供するために利用されており，操作を簡単にするためにタッチパネルを用い，画面に軽く触れるだけで地図の検索や必要な情報のカラー・コピーがとれるシステムとして運用されています。

以下にOURSのハードウエアの一構成を示します。

●ホスト・コンピュータ
　NCR Tower 32/600，32/400
●グラフィックス
　PASCO　PG1001
　　20Mバイト・イメージメモリ
　　16MIPS CPU（Main＋GDU）
　　RS-232C×4 Port
　　JIS第1／第2水準漢字(24ドット)
　　20インチ・ノン・インタレース・モニター
　　SCSIインタフェース
●大容量光ディスク
　片面1.6Gバイト，CLV方式

問合せ先

㈱パスコ　情報技術センター
〒153　東京都目黒区東山2-15-5
☎03（716）1610

アウトライン・データ抽出画面

「真mana名」をNICOGRAPH'88に出展

ICL

発表後，ご好評をいただいております「真mana名」を，NICOGRAPH'88に出展いたします。ベクトル・フォントを作りたい企業，DTP，PostScriptを計画しているエンジニアの方は，ぜひご覧下さい。

問合せ先

㈱インフォメーションアンドコントロール研究所　技術部　担当：須藤，新田
☎03（352）4746

ARC/INFOの東芝ASシリーズ版をリリース

パスコ

総合的な地理情報システムとして地方自治体に販売実績のあるARC/INFOの，エンジニアリング・ワークステーション東芝AS3000, AS4000シリーズ版がリリースされました。

すでにIBM，VAX，PRIME，データゼネラルにおいてリリースされているものと同じ機能をもち，ポリゴン・オーバレイ・データベース機能，メッシュ変換機能，図形修正機能など，地図情報処理に欠かせない機能をすべてもっております。AS3000, AS4000シリーズは，Ethernetインタフェースを標準装備しているため，システムの拡張性に優れ，汎用機やミニコンピュータとの接続も容易です。さらにLANを有効に利用し，管理主体データのみ保持し，他のデータはネットワーク経由で利用するといったシステムの設計が可能になります。

ARC/INFOのバージョンは最新の4.0であり，マルチウィンドを利用したメニュー化が簡単にできる簡易言語AMLをサポートしています。

ARC/INFOの主な機能は次の通り。

①地図データ編集機能
　データの間引き，ノードマッチング，アークの交点ノードの発生，微小アークの除去，図面接合，シンボル／フォント登録など
②地図データの加工
　ポリゴン・オーバレイ(クリッピング／アップデート／AND／ORなど)，ポリゴン接合，図形の選択，バッファ機能
③データの出力
　DLGのフォーマット，白地図フォーマットなど
④その他の機能

ネットワーク解析（最短経路の選定／時間距離計算による配置検討／任意エリアの属性集計），リレーショナル型データベース（INFO/ORACLE），専用の簡易処理言語 AML，マルチウィンドを利用したメニュー作成ツールなど

問合せ先

㈱パスコ　情報技術センター

〒153　東京都目黒区東山 2-15-5

☎03（716）1610

大阪営業所開設
新製品 3D-VISIONmark IIの
ユーザー・サポート充実と販売促進へ

テクノビジョン販売

建築 CAD 開発専業メーカーのテクノビジョンは，後継新商品「3D-VISION mark II」を開発し，9月より当社とその代理店を通して販売を開始した。

当社では，この新製品をパソコン建築 CAD の第二世代として位置付け，工務店などでもきわめて簡易に使用できる時代が来たとして，この秋より一層の拡販，普及を図っていく。

これに伴って，当社では6月に大阪営業所（大阪市淀川区宮原 1-2-40 ウィルファースト新大阪 202　☎06（395）1900）を開設し，西日本でのマーケティング体制を整えてきたが，この9月には CAD インストラクタなどの人員増強も完了した。代理店も従来の近畿，九州に加えて，中国，四国，山陰で本格的に稼働を開始し，当社の重視するユーザー・サポートの充実とともに西日本での拡販を図る。

新商品は，従来からの完全3次元建築 CAD の特徴を受け継ぎながら「最小入力，最大効果」を実現できるよう，大幅な自動処理機能を付与し，平立面図から内外観パース，伏図，積算，見積りまでの一貫システムとして完成させている。

問合せ先

テクノビジョン販売㈱

〒160　東京都新宿区新宿 1-16-14

☎03（356）4600

完全3次元 CAD/CAM
ソフトウエア
「SOLUTION 3000™」

ファモティク

「SOLUTION 3000™」は，グラフィックス・ライブラリに「HOOPS™」を採用した完全3次元 CAD/CAM ソフトウエアです。

CAD 機能，高度なサーフィス，3〜5軸までの NC 機能の他，ユーザーがシステムを専用化できるオープン・アーキテクチャにより，設計から製造までの処理を統合的にサポートすることができるソフトウエアです。

問合せ先

ファモティク㈱

〒150　東京都渋谷区代官山町 7-8

ドッケン代官山ハイツ 404

☎03（780）4681

3 D-VISION mark II 出力図

パソコン用3次元リアルタイム・
グラフィック・エンジン
“Personal HOOPS”を
NICOGRAPH'88 に出展

神戸製鋼

神戸製鋼所は，この10月より販売を開始しました NEC PC-9800 シリーズ用3次元リアルタイム・グラフィック・エンジン “Personal HOOPS”を，NICOGRAPH'88 に出展いたします。

“Personal HOOPS” は，3次元 CAD やグラフィックなどのアプリケーション・ソフトを作成するのに大変便利なツールであり，米国で高い評価を受けている“HOOPS”を搭載している3次元リアルタイム・グラフィック・エンジンであり，これをパーソナルコンピュータの拡張バス・スロットに実装するだけで，パーソナルコンピュータを簡単に安価でグラフィック・ワークステーションにグレードアップできます。

NICOGRAPH'88では，高解像度CRT を利用して一段と美しいコンピュータ・グラフィックスの世界を皆様にご覧いただきます。ご来場お待ち申し上げております。

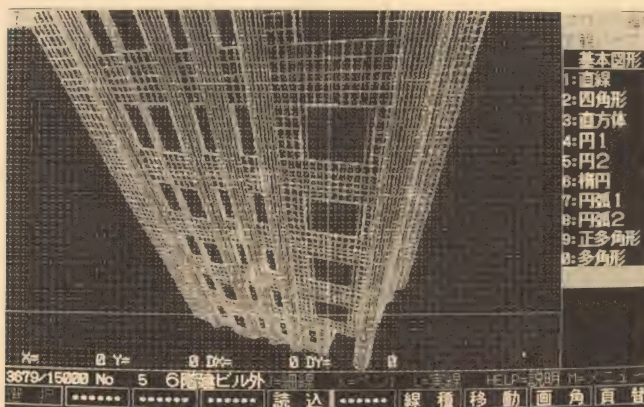
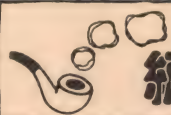
日時：11月8〜11日

場所：池袋サンシャインシティ　ミプロ会場

問合せ先

㈱神戸製鋼所　情報エレクトロニクス部　担当：浅田，富本

〒150　東京都渋谷区神宮前 6-27-8　京セラ原宿ビル

☎03（797）7081

編集後記

◘トマス・ディファンティ（Thomas DeFanti）さんがまだ40歳であるというのには，いささか驚かされました。多くの日本人がSIGGRAPHに参加するようになったのが，確か1980から81年ころだったと記憶していますが，もうそのころにはすでにディファンティさんはフィルム&ビデオ・ショーのチェアであり（30歳そこそこ。何年かチェアを続けていたと記憶しています），SIGGRAPH活動の中心的人物の一人になっていました。

オハイオ州立大学のスーリー先生のところでアニメーション・プロジェクトANIMAにかかわり，その後現在までイリノイ大学シカゴ校で研究と教育活動に携わってきました。20歳代よりSIGGRAPHの活動に積極的に参加し，現在はインタラクティブCGやスーパー・コンピュータによるサイエンティフィック・ビジュアリゼーションに大きな貢献をしています。

記憶では以前は濃いひげをはやしていましたので，もっとずっとお年の方だと思っていました。キャリアからみれば，そう思われて当然です。30歳そこそこの人にも，大きな責任あるポジションをごく普通に与えてしまう米国の活力の源に感心してしまいます。

◘レンダリングやアニメーションの世界が動き出しています。これまではテレビ・コマーシャルやビデオ，展博などの娯楽用が中心でしたが，その分野におけるコンピュータ・グラフィックスはなかなか採算が厳しく，今後大きく展開するという見通しがつけにくいわけです。そこで，一般産業界においてレンダリングやアニメーションを使おうという雰囲気になり，プレゼンテーションやビジュアル・シミュレーション分野において，どのようにコンピュータ・グラフィックスを使っていったらよいのかということで，いろいろな試行が行われています。

RenderMan Interface，サイエンティフィック・ビジュアリゼーション，ボリューム・レンダリング，物理法則によるアニメーション，光の忠実なシミュレーション，ラジオシティ法，リアルタイム・レンダリング，インタラクティブ・レンダリング…これまでの娯楽分野とは異なるモデリング，レンダリング，アニメーションが必要になってきます。

◉本誌88年10月号，「COLOR IMAGES」大口氏の図7のネームに一部誤りがありました。

誤：ソニウム号 → 正：ソノニウム号

また，本文161ページの図1の写真が入れ替わっておりました。お詫び申し上げます。

編集スタッフ募集

PIXEL編集部では，誌面充実のため，編集スタッフ（正社員）を募集いたします。

<応募資格>
4年制大学を卒業した27歳位までの方で，コンピュータ・グラフィックスまたはコンピュータについての知識のある方。雑誌編集の経験は問いません。

<仕事の内容>
PIXELの取材および編集

<応募方法>
応募される方は，事前に連絡のうえ，履歴書を下記までご送付下さい。

図形処理情報センター　担当：河内
〒101　東京都千代田区神田神保町1-64
神保町協和ビル6F　☎03(293)6161

次号のご案内

63年12月号（11月20日発売）

特集　最新のパーソナルCAD
- パーソナルCADによる簡易シェーディング
- パーソナルな機械設計CAD
- パーソナルな建築用CAD
- パーソナルCAD製品調査

特集　32ビット・パーソナルコンピュータ
- 32ビット・パーソナルコンピュータ概論
- 32ビット・パーソナルコンピュータ製品調査

特集　低価格ワークステーション
- 低価格ワークステーション概論
- 386ベースのワークステーション
- 低価格ワークステーション製品調査

特集　グラフィック・ワークステーションとグラフィック・エンジン
- GWSとグラフィック・エンジン概論
- GWS，グラフィック・エンジン製品調査

◉弊社にて，バックナンバーや別冊号の販売も行っております。ご利用下さい。

◉本誌88年10月号，トレンド61ページの「CADの標準化委員会」は，正式名称が「高度技術化に対応する機械製図システムの標準化のための調査研究委員会」（委員長：東京工業大学　塚田忠夫教授）で，この中の機能評価分科会の主査が塚田教授，副主査が伊藤公俊先生でした。ここに訂正し，お詫び申し上げます。

定期購読・別冊号のお申込み方法

本誌は毎月1日発行（前月20日発売）です。全国の書店で発売されますが，最寄りの書店にない場合は，直接購読をお勧めします。

定期購読料は送料込みで，
半年　5,800円／1年　11,500円

新しく定期購読を申し込まれる方（継続の方は下記をご参照下さい）は，とじ込みハガキをご利用下さい。購読料のお支払いは，雑誌とともに郵送する郵便振替用紙もしくは現金書留でお願いします。

本誌は'80年11月，『図形と画像』（季刊）として創刊され，'83年1月，隔月刊となり『PIXEL』と改題されました。'84年1月から月刊発行です。

バックナンバー，別冊号は次の通り。

■『図形と画像』（'81/秋～'82/冬。創刊号，'81/春，夏は売切れ）定価1,200円　送料250円
■『PIXEL』（'83/1-2～11-12，'84/1月号～）定価　980円　送料　95円
■別冊『アプリケーション』定価 4,500円　送料　無料
■別冊『グラフィックスガイド』定価 3,300円　送料　無料
■別冊『CAD/CAM/CAEの基礎』定価 2,800円　送料　無料
■別冊『CAD/CAM，CG総覧'88』定価 3,500円　送料　無料

定期購読継続のお申込み方法

本号で定期購読が切れた方は，巻末ハガキを利用して継続の手続きをして下さい。その際，必ず購読者番号をご記入下さい。

<申込み先：販売部>

広告のお申込み方法

本誌に広告掲載を検討されている方は，広告媒体資料をお送りいたします。

<申込み先：広告部>

お申込みはFAXでもお受けいたしております。
FAX：03(293)6164

PIXEL　88／11月号

昭和63年11月1日発行　No.74
編集・発行人　河内　隆幸

発行所　図形処理情報センター
〒101　東京都千代田区神田神保町1-64
神保町協和ビル6階　電話 03(293)6161（代表）
発売元　オーク出版サービス　電話 03(291)7031
印刷所　千代田平版社
定　価　980円（送料　95円）
郵便振替　東京　5-50653

郵便はがき

料金受取人払

101

神田局承認

4451

差出有効期間
昭和64年11月
24日まで

切手不要

東京都千代田区神田神保町
一一六四神保町協和ビル

図形処理情報センター
読者サービス係行

（受取人）

会社名（学校名）

所属部課名

上記の住所 〒　　電話

フリガナ
ご氏名　　年令　　男・女

○印をおつけ下さい。

業種　コンピュータ・メーカー，図形処理機器メーカー，ソフト会社，システム会社，輸送用機器，一般産業用機械，工作機械，精密機械，重電，弱電，建築・土木，繊維，地図，機械部品，化学プラント，エンジニアリング，印刷・製版，デザイン，アニメーション，マスコミ，学校（教員，学生），コンサルタント，その他（　　）

業務　設計，研究・開発，技術管理，営業技術，コンピュータ室，生産，ソフト開発，デザイン，経営者，技術，その他（　　）

郵便はがき

料金受取人払

101

神田局承認

4451

差出有効期間
昭和64年11月
24日まで

切手不要

東京都千代田区神田神保町
一一六四神保町協和ビル

図形処理情報センター
読者サービス係行

（受取人）

会社名（学校名）

所属部課名

上記の住所 〒　　電話

フリガナ
ご氏名　　年令　　男・女

○印をおつけ下さい。

業種　コンピュータ・メーカー，図形処理機器メーカー，ソフト会社，システム会社，輸送用機器，一般産業用機械，工作機械，精密機械，重電，弱電，建築・土木，繊維，地図，機械部品，化学プラント，エンジニアリング，印刷・製版，デザイン，アニメーション，マスコミ，学校（教員，学生），コンサルタント，その他（　　）

業務　設計，研究・開発，技術管理，営業技術，コンピュータ室，生産，ソフト開発，デザイン，経営者，技術，その他（　　）

郵便はがき

料金受取人払

101

神田局承認

4451

差出有効期間
昭和64年11月
24日まで

切手不要

東京都千代田区神田神保町
一一六四神保町協和ビル

図形処理情報センター
読者サービス係行

（受取人）

会社名（学校名）

所属部課名

上記の住所 〒　　電話

フリガナ
ご氏名　　年令　　男・女

○印をおつけ下さい。

業種　コンピュータ・メーカー，図形処理機器メーカー，ソフト会社，システム会社，輸送用機器，一般産業用機械，工作機械，精密機械，重電，弱電，建築・土木，繊維，地図，機械部品，化学プラント，エンジニアリング，印刷・製版，デザイン，アニメーション，マスコミ，学校（教員，学生），コンサルタント，その他（

業務　設計，研究・開発，技術管理，営業技術，コンピュータ室，生産，ソフト開発，デザイン，経営者，技術，その他

PIXEL 88/11月号

PIXEL 資料請求

ご入用な広告ページの資料請求番号を○でお囲み下さい

表2 表3 表4 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33

PIXEL アンケート

・本号でおもしろかった記事のタイトルを2つご記入下さい
1）
2）
・本号でおもしろくなかった記事のタイトルを2つご記入下さい
1）
2）
・本誌に対する要望，感想，批判など自由にお書き下さい

・本誌のお買い求め方法は　直接購読／書店
・当センターからのDMは　届いている／届いていないので送ってほしい／不要

PIXEL 定期購読・別冊号申込　　請求書：要／不要

□本号で定期購読がきれましたので '88年12月号より　半年／1年間　継続を申し込みます／中止します　（購読者No.　　　）
□新規に定期購読を '88年12月号より　半年／1年間　申し込みます
□バックナンバーを申し込みます

「PIXEL」
'88. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,
'87. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
'86. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

別冊
2号「アプリケーション」
4号「グラフィックスガイド」
5号「CAD/CAM CAEの基礎」
CAD/CAMアルファNo.1／No.2

□別冊7号「CAD/CAM,CG年鑑89」を申し込みます. □別冊6号「CAD/CAM,CG総覧88」を申し込みます.

お送り先（葉書のおもて面と同じ場合は不要）
住所 〒
社名・部署
氏名　　　　電話

PIXEL 88/11月号

PIXEL 資料請求

ご入用な広告ページの資料請求番号を○でお囲み下さい

表2 表3 表4 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33

PIXEL アンケート

・本号でおもしろかった記事のタイトルを2つご記入下さい
1）
2）
・本号でおもしろくなかった記事のタイトルを2つご記入下さい
1）
2）
・本誌に対する要望，感想，批判など自由にお書き下さい

・本誌のお買い求め方法は　直接購読／書店
・当センターからのDMは　届いている／届いていないので送ってほしい／不要

PIXEL 定期購読・別冊号申込　　請求書：要／不要

□本号で定期購読がきれましたので '88年12月号より　半年／1年間　継続を申し込みます／中止します　（購読者No.　　　）
□新規に定期購読を '88年12月号より　半年／1年間　申し込みます
□バックナンバーを申し込みます

「PIXEL」
'88. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,
'87. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
'86. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

別冊
2号「アプリケーション」
4号「グラフィックスガイド」
5号「CAD/CAM/CAEの基礎」
CAD/CAMアルファNo.1／No.2

□別冊7号「CAD/CAM,CG年鑑89」を申し込みます. □別冊6号「CAD/CAM,CG総覧88」を申し込みます.

お送り先（葉書のおもて面と同じ場合は不要）
住所 〒
社名・部署
氏名　　　　電話

PIXEL 88/11月号

PIXEL 資料請求

ご入用な広告ページの資料請求番号を○でお囲み下さい

表2 表3 表4 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33

PIXEL アンケート

・本号でおもしろかった記事のタイトルを2つご記入下さい
1）
2）
・本号でおもしろくなかった記事のタイトルを2つご記入下さい
1）
2）
・本誌に対する要望，感想，批判など自由にお書き下さい

・本誌のお買い求め方法は　直接購読／書店
・当センターからのDMは　届いている／届いていないので送ってほしい／不要

PIXEL 定期購読・別冊号申込　　請求書：要／不要

□本号で定期購読がきれましたので '88年12月号より　半年／1年間　継続を申し込みます／中止します　（購読者No.　　　）
□新規に定期購読を '88年12月号より　半年／1年間　申し込みます
□バックナンバーを申し込みます

「PIXEL」
'88. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,
'87. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
'86. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

別冊
2号「アプリケーション」
4号「グラフィックスガイド」
5号「CAD/CAM/CAEの基礎」
CAD/CAMアルファNo.1／No.2

□別冊7号「CAD/CAM,CG年鑑89」を申し込みます. □別冊6号「CAD/CAM,CG総覧88」を申し込みます.

お送り先（葉書のおもて面と同じ場合は不要）
住所 〒
社名・部署
氏名　　　　電話

東洋電機

drastem DIVISION
〒108 東京都港区三田3－13－16 三田43森ビル7F
PHONE 03(457)0741(代) FACSIMILE 03(457)0230

広い庭の芝刈りが大変なように、大きな図面のデータ入力もまた大変な作業です。東洋のdrastem4610イメージスキャナなら、すみずみまで一発自動入力。A1判図面をわずか40秒の速さで、従来に比較し1/10という短縮化に成功。しかも、優れた再現性に加え、実線と汚れを正確に見わけます。
設計・製図の入力に新たな高効率を実現しました。

- ●フラットベッド型センサ移動方式の大型スキャナ4610形(A1判)4710形(A0判)
- ●高速読取/リアルタイム画像処理
- ●高精度読取/16ドット/mm
- ●実質解像度の向上/ダイナミックスレショルド二値化機能装備
- ●データ転送時間の大幅な短縮/自動チェック機能、画像ノイズ除去機能による画像データの肥大化防止

drastem4000シリーズは、手描き、青焼きコピー等の図面にも最適です。

昭和63年11月1日発行/毎月1回1日発行/通巻74号
昭和59年5月2日第3種郵便物認可

図形処理情報センター　〒101 東京都千代田区神田神保町1-64 神保町協和ビル　電話 03(293)6161

定価　980円

(資料請求番号　表 4)

雑誌　07651-11

PIXEL

コンピュータ・グラフィックスとCAD/CAM/CAE雑誌ピクセル

SIGGRAPH'88とCGの最新動向

88 11

図形処理情報センター